

# LEMIT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA  
PROVINCIA DE BUENOS AIRES

LA PLATA - ARGENTINA

2-1969

# LEMIT

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES  
E INVESTIGACIONES TECNOLOGICAS DE LA  
PROVINCIA DE BUENOS AIRES  
LA PLATA - ARGENTINA

2 - 1969

---

AUTORIDADES DEL MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS

---

Ministro, Ing. Héctor A. Pérez Pesce

Subsecretario de Obras Públicas, Ing. Rodolfo A. Montalvo

Subsecretario de Urbanismo y Vivienda, Arq. Godofredo A. Cesio

Subsecretario de Programación, Ing. Pedro A. Gortari

---

L E M I T

---

Director, Dr. Pedro J. Carriquiriborde

Jefe del Departamento de Ingeniería Eléctrica, Mecánica e Hidráulica  
Ing. Mecánico y Electricista Américo O. Boero

Jefe del Departamento de Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción  
Ing. Civil Alberto S. C. Fava

Jefe del Departamento Tecnología Aplicada y Plantas Experimentales  
Dr. en Química Luis A. Mennucci

Jefe del Departamento Análisis y Ensayos de Materiales  
Dr. en Química Vicente J. D. Rascio

---

I N D I C E

---

- pág. 1           OBTENCION DE REPLICAS DE NIQUEL PARA LA OBSERVACION  
EN MICROSCOPIA OPTICA Y ELECTRONICA  
  
Lic. S. Allende  
Tco. H. Lavié  
Tco. F. Ciccone
- pág. 19           ESTUDIO DE DURABILIDAD DE ASFALTOS DE USO VIAL POR  
ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO  
  
Dr. A. Pinilla  
Dr. J. O. Agnusdei  
Lic. A. Reynaldi
- pág. 53           DETERMINACION ESPECTROQUIMICA DE IMPUREZAS EN PLATA  
  
Dr. J. P. Sosa  
Dr. J. C. Merodio  
Quím. N. Russo
- pág. 69           ALGUNOS HECHOS RELACIONADOS CON LA DURABILIDAD DE  
LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGON LIVIANO  
  
Ing. A. Fava
- pág. 81           BREVE ENUNCIACION DE LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS, ES-  
PECIALMENTE EN LO REFERENTE A HIDROGEOLOGIA, EN LA  
PROVINCIA DE BUENOS AIRES. SU IMPORTANCIA, SUS NECE-  
SIDADES  
  
Dr. J. M. Sala

APENDICE

Resúmenes de los trabajos

---

OBTENCION DE REPLICAS DE NIQUEL PARA LA  
OBSERVACION EN MICROSCOPIA OPTICA Y ELECTRONICA

---

1a. parte

Lic. Santos Allende  
Tco. Horacio Lavié  
Tco. Francisco Ciccone

---

Serie II, nº 132

---

## INTRODUCCION

---

El presente trabajo tiene por objeto presentar las experiencias realizadas en la obtención de réplicas de níquel por deposición electrolítica (1), utilizadas como medio útil para la observación de estructuras metalográficas.

La réplica así obtenida, puede ser utilizada para la observación por reflexión de estructuras al microscopio óptico. Si en cambio realizamos una contraréplica de carbono, la misma puede ser observada por transmisión en el microscopio electrónico.

### Importancia del método utilizado

El depósito de níquel se realizó sobre la superficie metálica que fue preparada utilizando el pulimento "tampon" y posteriormente atacada con los reactivos usuales.

El método puede ser tomado como ejemplo de metalografía no destructiva de superficies metálicas.

La técnica para efectuar depósitos locales de níquel, es decir el desarrollo de una celda electrolítica "in situ" para la obtención del depósito de níquel, será objeto de otra publicación.

Además de poder emplearse como técnica no destructiva, la réplica de níquel tiene la gran ventaja de ser conservada por largo tiempo sin alteración y, al ocupar un espacio muy reducido, facilita la tarea de archivar estructuras.

El método de réplica de níquel es más ventajoso que el que utiliza barniz pues evita un paso en su preparación, ya que no requiere metalización posterior, como es el

caso de la réplica de barniz.

En una primera etapa hemos considerado la utilización de este método como un medio auxiliar para la observación de estructuras por medio del microscopio óptico, aplicándolo a distintos tipos de estructuras y/o fases, de forma de poner en manifiesto la utilidad del método y sus posibles limitaciones.

En un posterior trabajo mostraremos sus aplicaciones a la observación en microscopía electrónica.

---

## DESARROLLO PRACTICO

---

### Baños empleados en la deposición electrolítica (2)

#### Baño de Watts

|                            |                       |
|----------------------------|-----------------------|
| Sulfato de níquel.....     | 200 g/l               |
| Cloruro de níquel.....     | 175 g/l               |
| Acido bórico.....          | 40 g/l                |
| Temperatura.....           | 46 C                  |
| pH.....                    | 1,5                   |
| Densidad de corriente..... | 2,5 A/dm <sup>2</sup> |

#### Baño de Thompson

|   |                         |
|---|-------------------------|
| Sulfato de níquel.....  | 70 g/l                  |
| Sulfato de sodio (Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> .10H <sub>2</sub> O)..... | 160 g/l                 |
| Cloruro de amonio.....  | 15 g/l                  |
| Acido bórico.....   | .15 g/l                 |
| Temperatura.....  | 20/30 C                 |
| pH.....   | 5,5                     |
| Densidad de corriente.....  | 1-1,5 A/dm <sup>2</sup> |

Utilizando el baño electrolítico de Watts o Thompson, se dispone la probeta como cátodo en forma paralela al

ánodo de níquel. La tensión de utilización corriente está comprendida entre 1 y 2 Volts.

---

#### OBTENCION DE REPLICAS

---

#### Aceros al carbono

Para el caso de aceros comunes al carbono o aceros de baja aleación, se utilizó el baño de Watts, manteniendo la electrólisis durante 20 minutos.

La extracción de la película de níquel no ofrece mayores dificultades; en caso que se produjeran, es aconsejable pasivar la superficie de la probeta con una solución de ácido crómico al 5% durante 10-15 minutos (3).

Es importante mantenerse dentro de estos límites para evitar problemas de resistencia al despegue (defecto de pasivado) o de enmascaramiento de la película producida por el reactivo de ataque (exceso de pasivado).

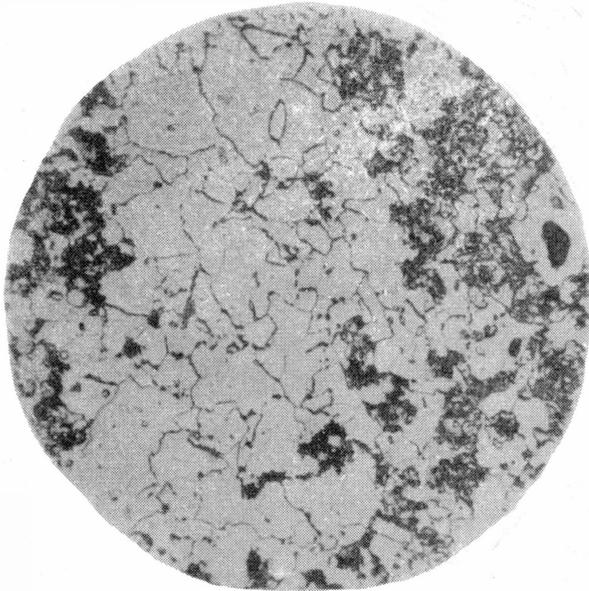


Fig. 1 (X 600)  
Ferrita y Perlita  
con tendencia a globulizar

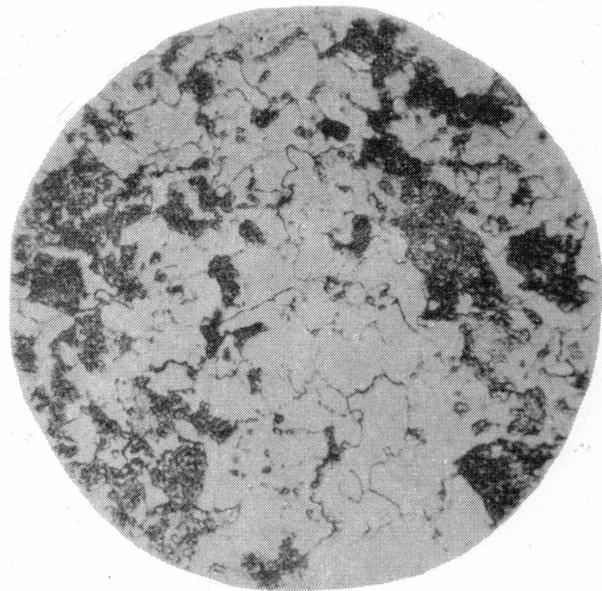


Fig. 2 (X 600)  
Réplica de la probeta  
anterior

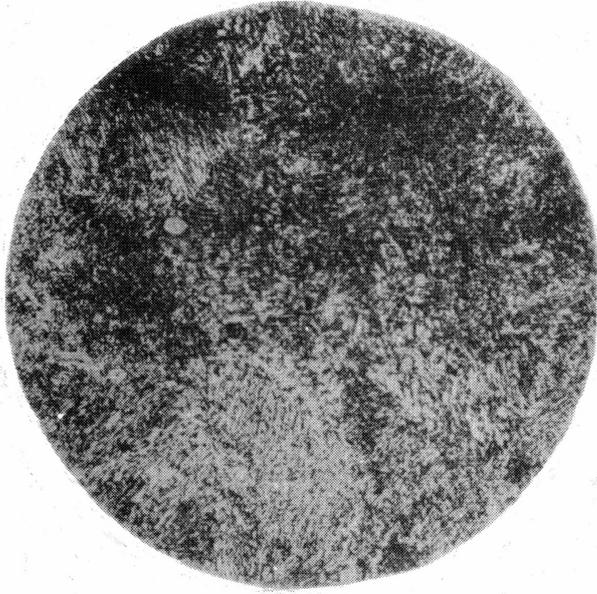


Fig. 3 (X 600)  
Perlita laminar

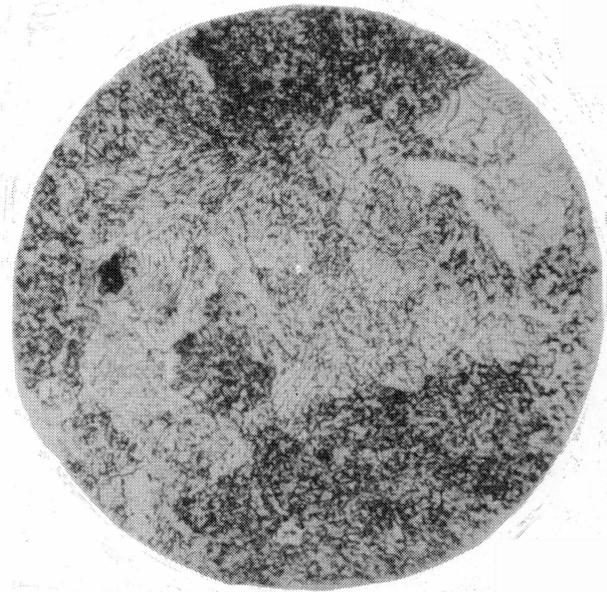


Fig. 4 (X 600)  
Réplica de Ni

---

ACERO INOXIDABLE MARTENSÍTICO

---

Recubrimiento: Baño de Watts, durante 10-20 minutos  
Pasivado: Solución de ácido clorhídrico al 5%  
durante 5-10 segundos

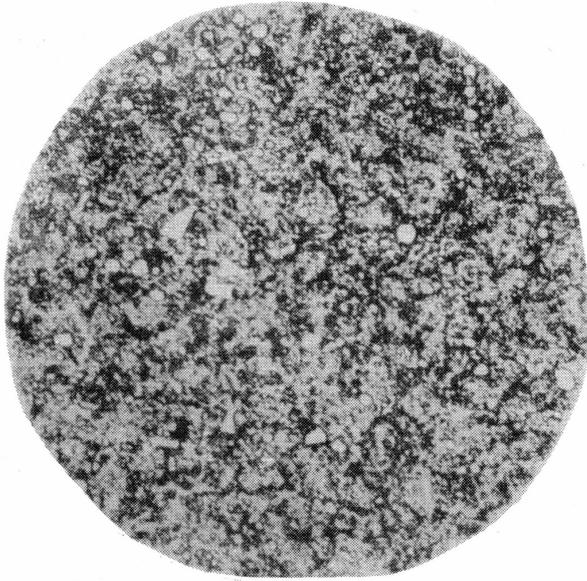


Fig. 5 (X 600)  
Carburos sobre matriz  
Martensítica

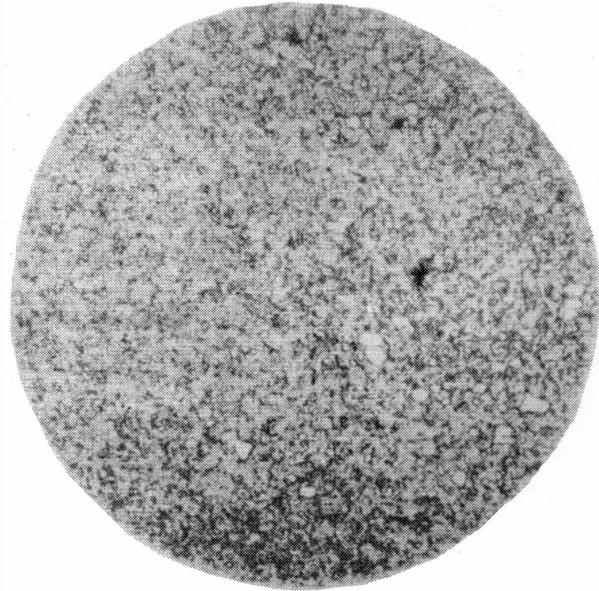


Fig. 6 (X 600)  
Réplica de Ni

---

FUNDICION GRIS PERLITICA

---

Recubrimiento: Baño de Watts, durante 10-15 minutos  
Pasivado: Ataque con picral durante 10-15 segundos



Fig. 7 (X 340)

Láminas de grafito sobre  
matriz perlítica

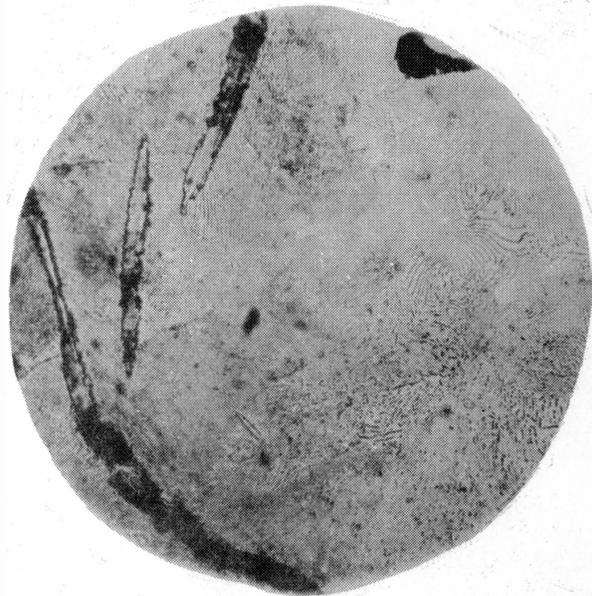


Fig. 8 (X 340)  
Réplica de Ni

LATONES Y BRONCES

Pasivado: Baño de Thompson, durante 2-3 minutos  
Recubrimiento: Baño de Watts, durante 10-15 minutos

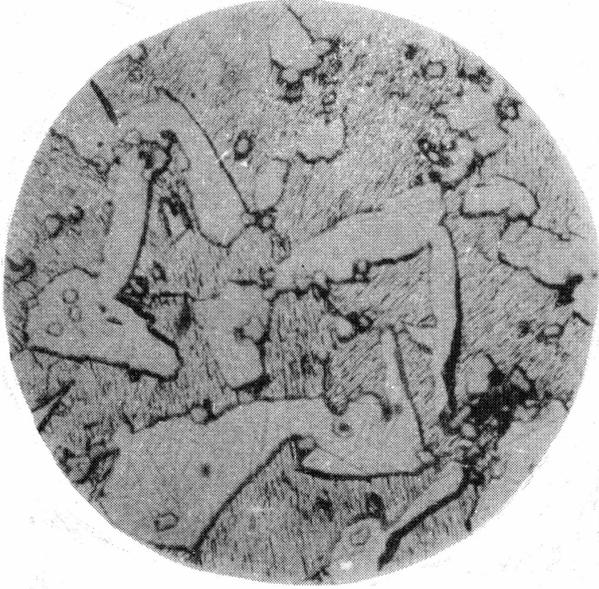


Fig. 9 (X 600)

Estructura duplex  
Inclusiones de  $\text{Cu}_2\text{O}$



Fig. 10 (X 600)  
Réplica de Níquel

ALEACION ZAMAK

Pasivado: Baño de Thompson, durante 2-3 minutos  
Recubrimiento: Baño de Watts, durante 10-15 minutos  
La muestra fué atacada con el reactivo de Palmerton

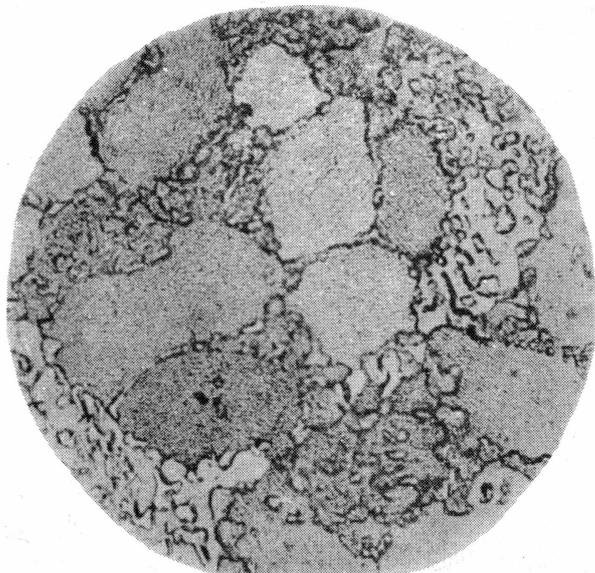


Fig. 11 (X 500)  
Cristales de eutético Al-Zn  
sobre matriz rica en Zn

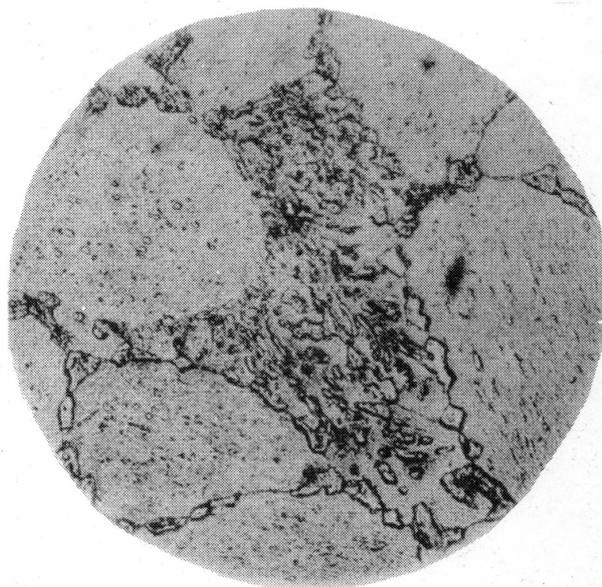


Fig. 12 (X 500)  
Réplica de Níquel

---

## CONCLUSION

---

De acuerdo a los ensayos efectuados, es perfectamente factible utilizar la técnica de la réplica de níquel preconizada por el IRSID, como método de observación no destructivo para la mayoría de las aleaciones comunes.

En las aleaciones de base aluminio, la técnica no resulta adecuada en las condiciones enunciadas en éste trabajo.

---

## BIBLIOGRAFIA

---

- (1) Henry G. et Plateau J. - Extrait de la Revue de Nickel, 28, n° 3, mai-juin 1963.
- (2) Henry G. - Comunicación privada.
- (3) Bertorelle E. - Trattato de galvanotecnica. Editorial Hoepli (Milano) 1960.

---

ESTUDIO DE DURABILIDAD DE ASFALTOS DE USO VIAL  
POR ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

---

Dr. Alfredo Pinilla  
Dr. Jorge O. Agnusdei  
Lic. Antonio Reynaldi

---

Serie II, n° 133

Primera parte:

ESTUDIO DEL METODO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

---

## CONSIDERACIONES GENERALES

---

Al pretender estudiar las causas que afectan el comportamiento de una mezcla asfáltica de tipo superior preparada y colocada en caliente, se encuentra que el problema no es de fácil solución.

Nuestra experiencia y la información de investigadores extranjeros, indica, que en las estructuras bituminosas normales de tipo superior como concreto asfáltico, "sheet asphalt" o mezclas densas compactadas tipo B.S. 594, el tiempo de vida útil para tránsito mediano puede estimarse como valor medio unos veinte años (1) siendo, como es sabido, menor para mezclas en frío.

La durabilidad de las mezclas asfálticas es un problema complejo que debe ser estudiado en conjunto, vinculando los componentes de las mismas y dentro de éstos, la durabilidad intrínseca del betún, entendiéndose por tal, la permanencia de las propiedades cohesivas del ligante asfáltico y su correlación con el tiempo de vida útil de la estructura. Dentro de este planteo, la durabilidad está vinculada a factores que dependen del betún, como las propiedades reológicas y su durabilidad intrínseca y a factores que dependen del sistema agregado-betún, como los vacíos y la adhesión en presencia del agua.

La durabilidad del betún en sí, como el adhesivo de la mezcla, es decir, la permanencia de sus propiedades, es un problema que ha sido estudiado por numerosos autores (3, 4, 5, 6, 7), pero queda aún mucho que investigar para tener elementos de juicio que permitan determinar por qué razón asfaltos de igual consistencia, proceso de elaboración y similares características, se comportan en servicio en forma diferente.

Dentro de los estudios y métodos de laboratorio con correlación con las condiciones de mezclado en caliente en usina, debe destacarse el realizado hace muchos años por el Bureau of Public Roads de EE.UU. (8), empleado en el LEMIT desde 1942 e introducido en la norma IRAM (9) en 1956, como ensayo de pérdida por calentamiento en película delgada. Consiste en calentar 50 g de asfalto a 163 C durante 5 horas en un espesor de 3 mm, determinando las variaciones de peso y de consistencia del material, por el ensayo de penetración antes y después del calentamiento.

Distintos autores (10) y (11) estiman que existe una adecuada coincidencia entre las consistencias del material ensayado por este método y el recuperado de pastones preparados en usina; por lo cual dicha técnica es aceptada considerando que el asfalto envejecido de acuerdo a ella, tiene similares características al que ha sido calentado en usina.

En un trabajo presentado por Hveem, Zube y Skog (12) en 1963, estos autores proponen un método que está tomando rápido desarrollo en los EE.UU., que ha sido comentado por especialistas como Dormon (13) y ha determinado numerosos trabajos de investigación, tales como los de Kari y Gordon, Schmidt (14) (15) y otros.

Esta técnica nació como una necesidad de conocer las características del material asfáltico en el momento de su aplicación en obra, especialmente durante la compactación, operación de gran importancia para la vida útil de la estructura. Por ello es de primordial importancia conocer la consistencia del asfalto, como mínimo, en cuatro condiciones y niveles de temperatura:

- a) En la mezcladora de usina (125-170 C).
- b) Durante la compactación (75-110 C), para alcanzar la densidad esperada.
- c) En servicio, entre 35 y 60 C, en que el tránsito desarrolla su compactación final.
- d) La consistencia a bajas temperaturas que se vincula al comportamiento frente a esfuerzos dinámicos a corto tiempo de aplicación de las cargas (16).

El propósito de esta primera parte del trabajo ha sido dar a conocer los resultados obtenidos empleando el dispositivo y la técnica de Hveem y colaboradores, con asfaltos provenientes de petróleos nacionales y extranjeros procesados en el país, comparando los resultados obtenidos con los que se logran con el método A.S.T.M. D-1754 desarrollado por el Bureau of Publics Roads (Lewis), o sea el método de pérdida por calentamiento de 5 horas a 163 C en espesor de 3 mm (17).

Además se han realizado otros ensayos de calentamiento prolongado a mayores tiempos, destinados a establecer posibles vinculaciones entre durabilidad en servicio y ensayos de laboratorio empleando esta técnica, con el fin de corroborar reciente información aparecida en la bibliografía que correlaciona este ensayo con el tiempo de vida útil (14).

---

## MATERIALES Y TECNICAS DE ENSAYO EMPLEADAS

---

### Materiales

Los asfaltos estudiados reunían las características que se muestran en Tabla I, ensayados por los métodos A.S.T.M., I.R.A.M. y L.E.M.I.T.

Los asfaltos D, E y F provienen de petróleos crudos de Nigeria, Irak e Irán. El G es proveniente de Medanitos de la zona sur del país y los identificados como A, B, C, H, I y J, provienen de petróleos crudos procesados en nuestro país, pero que no ha sido posible identificar su origen.

### Técnicas de ensayo

- a) Método de pérdida en película fina del Bureau of Public Roads.

Este método ha sido descrito en otras publicaciones del LEMIT desde 1946 y su técnica está incluida en la norma IRAM que rige desde 1956 y en la norma ASTM D-1754.

b) Método de pérdida en película rotativa fina.

Este método fué propuesto por Hveem, Zube y Skog en 1963 (19). Consiste en calentar a 163 C en una estufa, ocho recipientes de vidrio de forma cilíndrica normalizados conteniendo 35 g de asfalto. Dichos recipientes se colocan horizontalmente sobre un dispositivo consistente en un disco que gira a razón de 15 r.p.m. y que está dispuesto en la pared posterior de la estufa.

Durante su rotación, los frascos reciben en forma permanente un fino chorro de aire seco y caliente, que se inyecta por medio de un tubo de cobre de 5/16", de modo que el caudal sea de 4 l/min.

El aire se seca previamente en un dispositivo con cloruro de calcio anhidro y luego de calentarse, se inyecta de modo que el chorro de aire pase por el centro de los recipientes que contienen asfalto. Cuando se han pesado los tubos con el asfalto, se disponen en la estufa; se ajusta la temperatura del horno a 163 C (325 F) y la corriente de aire a una presión de 15 libras/pulg<sup>2</sup> y un caudal de 4 l/min, manteniéndose por un período de 1 hora y 15 minutos, previa puesta en marcha del motor.

Transcurridos los 75 minutos se sacan los tubos, se dejan enfriar, se pesan al 0,01 g para calcular la pérdida y con el material, se realizan los ensayos de penetración, viscosidad u otros que se consideren convenientes.

En nuestro caso, se realizaron los ensayos de penetración a 25 C (IRAM y ASTM) y de viscosidad dinámica a 60 C empleando la pipeta viscosimétrica del Instituto del Asfalto de EE.UU., según se describió en

otros trabajos de los autores (20).

A su vez, se cambiaron los tiempos de calentamiento incrementándolos al doble y al triple de los recomendados por las técnicas respectivas, a los efectos de observar si existía correlación entre la consistencia de los residuos después del calentamiento entre los dos métodos estudiados.

En la Fig 1 se observa la estufa y los tubos contruídos en el LEMIT con planos suministrados por la California Division of Highways, Sacramento, U.S.A.

La viscosidad a 60 C del asfalto envejecido representa pues la consistencia a la máxima temperatura del camino e inmediatamente de haber sido librado al tránsito y tiene gran importancia en la estabilidad, fluencia, etc., así como en la capacidad de deformación de la mezcla a altas temperaturas y con cargas estáticas.

---

#### VALORES EXPERIMENTALES

---

Sobre las muestras de asfalto ya mencionadas se realizaron ensayos comparativos entre las características del residuo obtenido en el ensayo de película delgada (3 mm) y el del film rotativo desarrollado por Hveem.

Los tiempos de calentamiento del primer método son cinco horas y del segundo, 75 minutos; los valores experimentales se indican en la Tabla II en la que en el primer método se ha extendido el tiempo de calentamiento a 10 y 15 horas y en el método de Hveem a 150 y 300 minutos.

Del estudio de la Tabla II se concluye que comparando las consistencias medidas por el ensayo de penetración a 25 C en el rango de consistencias 41-93, los valores de penetración del residuo del calentamiento de 5 horas a 163 C y el del film fino rotativo (75 minutos), no difieren en más

TABLA I

CARACTERISTICAS DE LOS MATERIALES ESTUDIADOS

| Identificación   | A         | B         | C         | D         | E         | F         | G         | H         | I         | J         |
|--|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Peso específico a 25 C.....                                | 1,012     | 1,008     | 1,030     | 0,999     | 1,021     | 1,022     | 1,004     | 1,010     | 1,015     | 1,015     |
| Penetración a 25 C (100g-5seg)...                          | 43        | 39        | 57        | 58        | 93        | 92        | 90        | 165       | 213       | 168       |
| Ductilidad a 25 C, cm.....                                 | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     | + 150     |
| Punto de ablandamiento (A y E), C.                         | 53,6      | 53,5      | 50,0      | 47,8      | 45,8      | 46,0      | 47,2      | 39,8      | 37,0      | 41,0      |
| Indice de penetración (Pfeiffer).                          | -1,0      | -0,9      | -0,9      | -1,3      | -0,8      | -0,8      | -0,8      | -1,0      | -1,2      | -1,0      |
| Viscosidad a 60 C, poises (*)....                          | 9.930     | 7.025     | 3.700     | 1.558     | 1.627     | 1.520     | 2.170     | 860       | 750       | 948       |
| Pérdida en película fina, 5 horas a 163 C, %.....          | 0,0       | 0,0       | 0,0       | 0,0       | 0,1       | 0,1       | 0,1       | 0,0       | 0,1       | 0,3       |
| Penetración después de pérdida a 25 C (100 g - 5 seg)..... | 32        | 35        | 43        | 41        | 76        | 62        | 66        | 101       | 116       | 117       |
| Solubilidad en S <sub>2</sub> C, %.....                    | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     | +99,5     |
| Ensayo de Oliensis.....                                    | Nega-tivo |
| Viscosidad a 135 C, S. Furol, seg                          | 528       | 429       | 209       | ---       | 183       | 162       | 186       | 128       | 118       | 132       |

(\*) Método del viscosímetro capilar para 30 cm de columna de mercurio.

TABLA II

CAMBIO DE LA PENETRACION A 25 C. (100 g., 5 seg.)

| BETUN | Penetración a 25 C original | Ensayo de pérdida en película de 3 mm (163 C) |                  |                  | Ensayo de la película fina rotativa (163 C) |                  |                  |    |    |    |    |    |
|-------|-----------------------------|---|------------------|------------------|---|------------------|------------------|----|----|----|----|----|
|       |                             | 5 horas                                       | 10 horas         | 15 horas         | 75 minutos                                  | 150 minutos      | 300 minutos      |    |    |    |    |    |
|       |                             | Penetr. Retenida                              | Penetr. Retenida | Penetr. Retenida | Penetr. Retenida                            | Penetr. Retenida | Penetr. Retenida |    |    |    |    |    |
| A     | 41                          | 78  | 26               | 63               | 24  | 58               | 30               | 73 | 26 | 63 | 20 | 48 |
| B     | 39                          | 89  | 31               | 79               | 29  | 74               | 37               | 95 | 31 | 79 | 23 | 59 |
| C     | 57                          | 75  | 35               | 61               | 26  | 46               | 42               | 74 | 28 | 49 | 20 | 35 |
| D     | 58                          | 71  | 38               | 66               | 33  | 57               | 44               | 76 | 38 | 66 | 28 | 48 |
| E     | 93                          | 82  | 59               | 63               | 52  | 56               | 58               | 62 | 49 | 53 | 40 | 43 |
| F     | 92                          | 67  | 49               | 53               | 33  | 36               | 59               | 64 | 48 | 52 | 33 | 36 |
| G     | 90                          | 73  | 52               | 58               | 46  | 51               | 63               | 70 | 44 | 49 | 35 | 39 |
| H     | 165                         | 61  | 88               | 53               | 64  | 39               | 102              | 62 | 69 | 42 | 50 | 30 |
| I     | 213                         | 54  | 91               | 43               | 80  | 38               | 108              | 50 | 74 | 35 | 53 | 25 |
| J     | 168                         | 70  | 85               | 51               | 71  | 42               | 105              | 63 | 69 | 41 | 54 | 32 |

de 3 unidades de penetración (con excepción de la muestra E), lo cual está bien cerca del error admitido por ASTM para ese ensayo.

Para tiempos de calentamiento de 10 y 15 horas (método de película 3 mm); en la penetración del residuo no hay concordancia con el método de la película fina rotativa.

Obsérvase por comparación que los betunes A y B de similar penetración a 25 C (Tabla III) tienen muy distinta viscosidad a 60 C. Ocurre lo mismo con el C y el D; los E y F con el G, siendo sus diferencias en viscosidad hasta de un 30%, lo cual corrobora lo expresado en trabajos anteriores el valor relativo del ensayo de penetración a 25 C como medida de consistencia.

El residuo de la pérdida en film de 3 mm (5 horas) es, en la mayoría de los casos estudiados, menos consistente que el obtenido por el proceso de pérdida en película rotativa a 75 minutos. Para estos tiempos se percibe aceptable concordancia (dentro del 15%) entre los resultados de los ensayos en las condiciones mencionadas para los betunes D, E, F, G, H, J. Una dispersión algo mayor se tiene para los betunes C e I.

Para tiempos de 10 horas y 150 minutos (en cada método), se observa también mayor consistencia para los residuos obtenidos por el método de Hveem; las concordancias ya no son tan buenas salvo para el betún D, cuyo envejecimiento en ese período es igual para los dos residuos. Otros en cambio, duplican su consistencia tal como los betunes H e I, lo cual estaría indicando que el betún D es el que tiene menos tendencia a incrementar su consistencia por calentamiento bajo esas condiciones.

Para tiempos de 15 horas y 300 minutos (según el método), se percibe un muy importante incremento de viscosidad para los residuos obtenidos del método de la película fina rotativa que hace que esos valores no tengan coincidencia con los obtenidos por el método de pérdida en film de 3 mm en el tiempo de 15 horas a 163 C.

En la Fig 3 se observa la relación entre la pene-

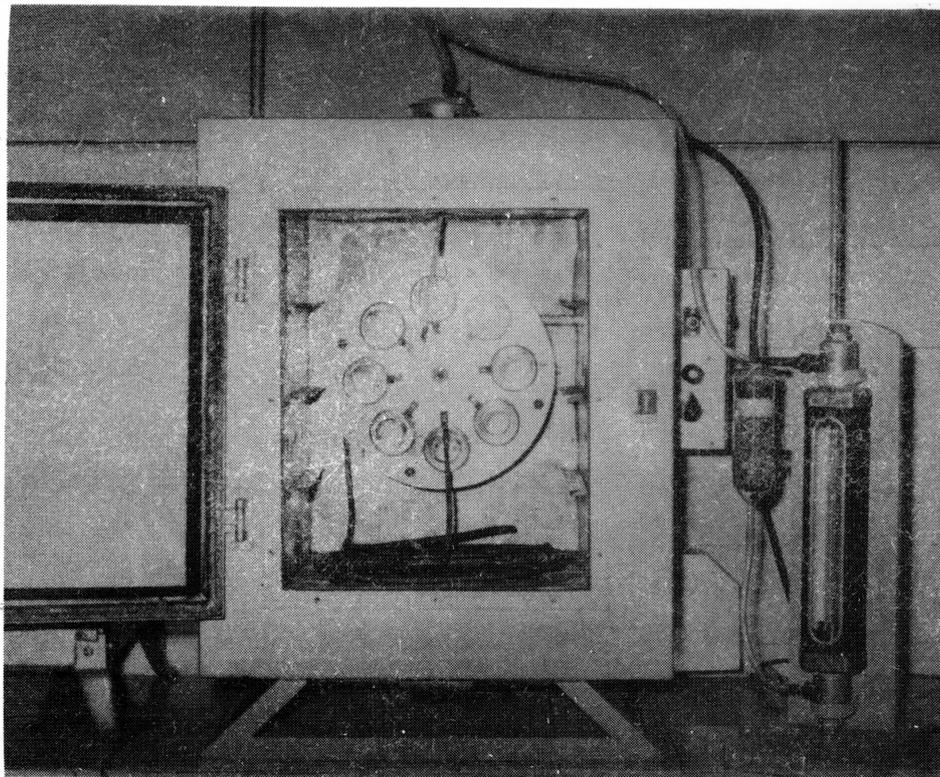


Fig. 1  
Estufa para el ensayo de envejecimiento  
acelerado (Rolling Film Test)

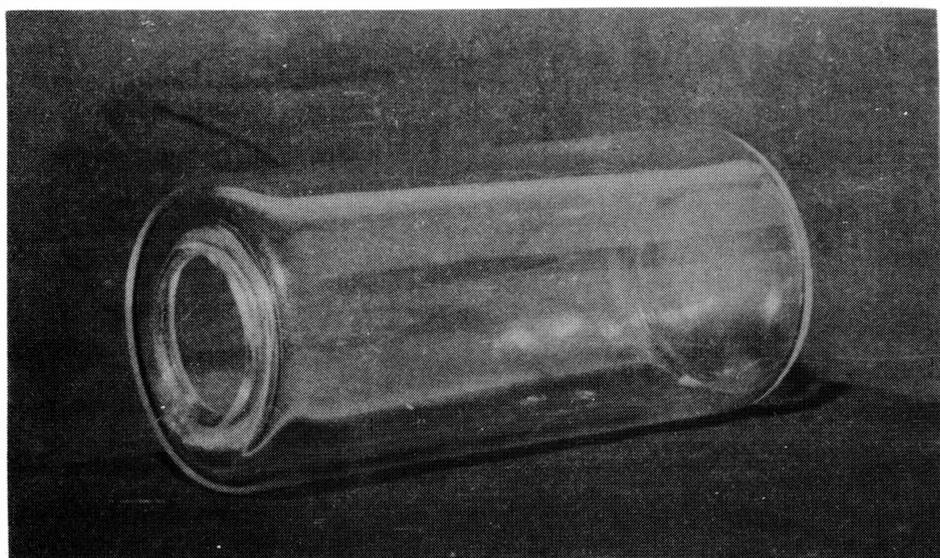


Fig. 2  
Vaso para el ensayo de película fina  
rotativa (Rolling Film Test)

tracción de los residuos a 25 C de los asfaltos sometidos a los ensayos de pérdida en película de 3 mm y de pérdida con película rotativa, y en Fig 4, la viscosidad dinámica a 60 C expresada en Poises observándose aceptable concordancia.

Para los betunes de penetración 50-60, caso de los betunes C y D, especialmente el primero incrementa en tal forma su viscosidad que endurece más que el B que originariamente es más duro; en cambio el D (penetración 58), da un residuo menos viscoso a 300 minutos que el betún G (penetración 90). A su vez los betunes D, E y F, de penetración 58, 93 y 92 respectivamente, producen residuos mucho menos viscosos que el betún blando I, cuya penetración es la más elevada de las consideradas en este estudio.

En las Fig 5 y 6, en escala semilogarítmica se muestra el incremento de viscosidad en función del tiempo de algunos de los asfaltos estudiados.

Es muy interesante, con los valores ya mencionados, calcular el índice de envejecimiento de los asfaltos (Tabla IV), entendiéndose por tal la relación entre la viscosidad a 60 C del material envejecido según la técnica empleada y la viscosidad del material original a la misma temperatura que resulta una medida del grado de cambio. Este índice es usado en varias especificaciones extranjeras como criterio de calidad y resistencia al envejecimiento pero realizando el ensayo a 25 C.

TABLA III

VARIACION DE LA VISCOSIDAD DE LOS ASFALTOS CON EL ENVEJECIMIENTO

|       |          | Viscosidad a 60 C, Poises              |          |          |                                       |         |         |
|-------|----------|--|----------|----------|---------------------------------------|---------|---------|
| BETUN | Original | Ensayo de pérdida en film, 163 C, 3 mm |          |          | Ensayo de la película rotativa, 163 C |         |         |
|       |          | 5 horas                                | 10 horas | 15 horas | 7.5 min                               | 150 min | 300 min |
| A     | 9931     | 17343                                  | 30950    | 39985    | 23464                                 | 42100   | 151000  |
| B     | 7025     | 10500                                  | 14100    | 23700    | 12750                                 | 18600   | 59800   |
| C     | 3700     | 900                                    | 11600    | 26200    | 9700                                  | 52400   | 92400   |
| D     | 1558     | 2926                                   | 3642     | 4474     | 2817                                  | 3930    | 10700   |
| E     | 1627     | 2239                                   | 2971     | 3747     | 2300                                  | 4300    | 6180    |
| F     | 1520     | 2454                                   | 2990     | 5051     | 3050                                  | 4066    | 7860    |
| G     | 2170     | 3192                                   | 4662     | 6194     | 3118                                  | 6500    | 12860   |
| H     | 860      | 1850                                   | 2400     | 6400     | 1835                                  | 4900    | 19800   |
| I     | 752      | 1587                                   | 2390     | 3967     | 1870                                  | 5055    | 13900   |
| J     | 948      | 1930                                   | 3108     | 5289     | 2170                                  | 5315    | 8315    |

TABLA IV

INDICE DE ENVEJECIMIENTO

Temperatura: 60 C I.E. =  $\frac{\text{Viscosidad del material envejecido}}{\text{Viscosidad del material original}}$

| BETUN | I.E. calculado según método<br>pérdida 3 mm, a 163 C |             |             | I.E. calculado según<br>(película fina rotativa) |            |            |
|-------|--|-------------|-------------|--|------------|------------|
|       | 5<br>horas   | 10<br>horas | 15<br>horas | 75<br>min  | 150<br>min | 300<br>min |
| A     | 1,7  | 3,1         | 4,0         | 2,3  | 4,2        | 15,2       |
| B     | 1,5  | 2,0         | 3,4         | 1,8  | 2,6        | 8,5        |
| C     | 2,1  | 3,1         | 7,1         | 2,6  | 14,1       | 24,9       |
| D     | 1,8  | 2,3         | 2,9         | 1,8  | 2,5        | 6,9        |
| E     | 1,4  | 1,8         | 2,2         | 1,4  | 2,6        | 3,8        |
| F     | 1,6  | 2,0         | 3,3         | 2,0  | 2,7        | 5,2        |
| G     | 1,5  | 2,1         | 2,9         | 1,5  | 2,9        | 5,9        |
| H     | 2,2  | 2,8         | 7,4         | 2,2  | 5,7        | 23,0       |
| I     | 2,1  | 3,2         | 5,3         | 2,5  | 6,7        | 18,6       |
| J     | 2,0  | 3,3         | 5,6         | 2,3  | 5,6        | 8,8        |

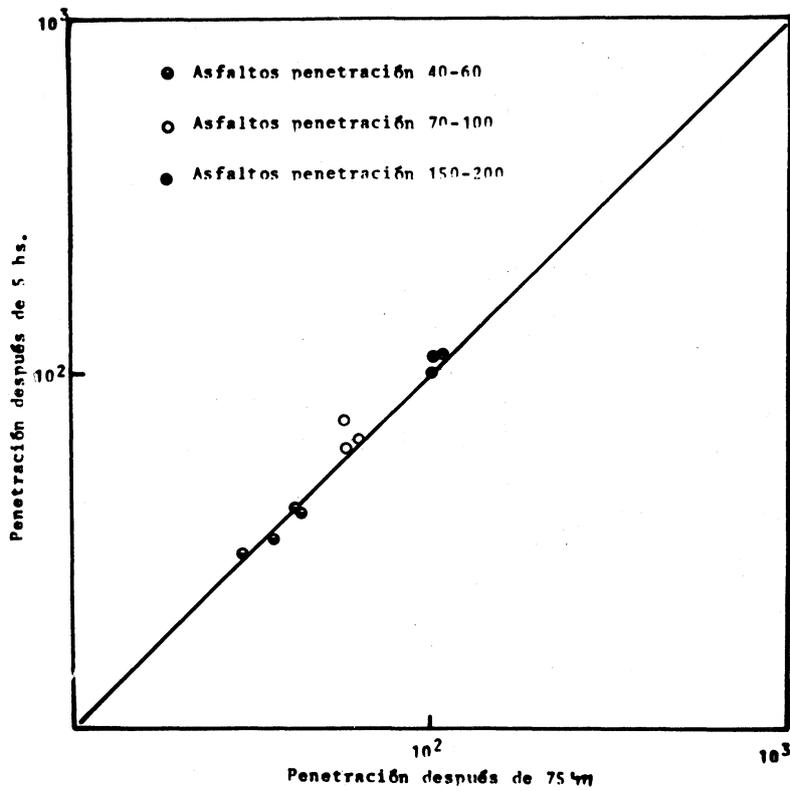


Fig. 3

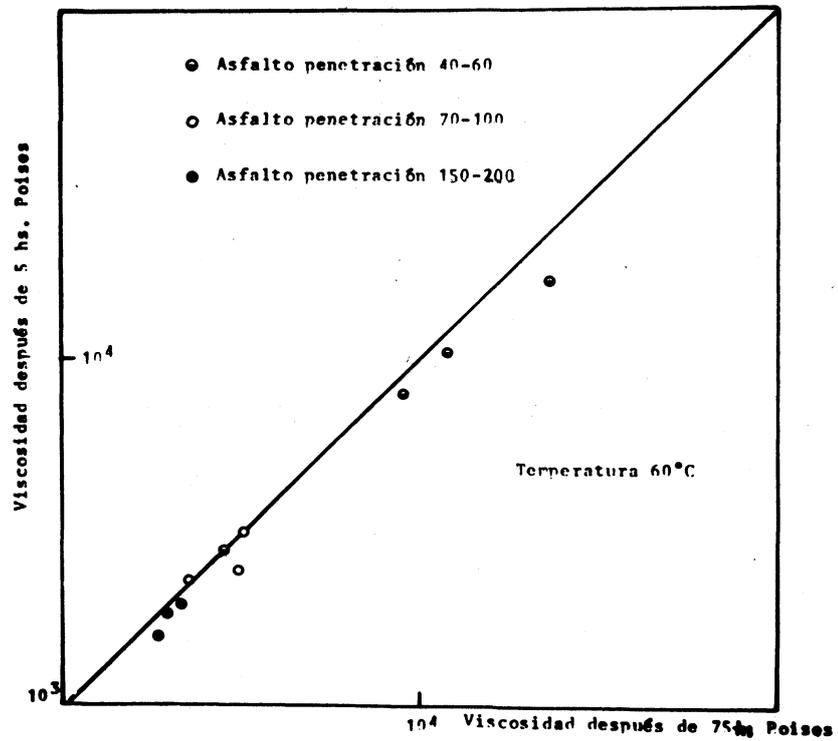


Fig. 4

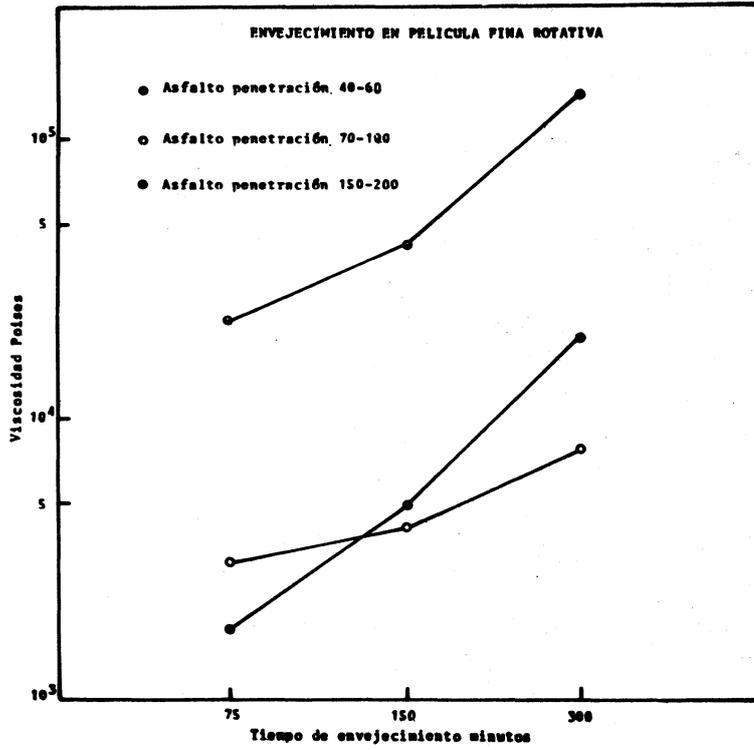


Fig. 5

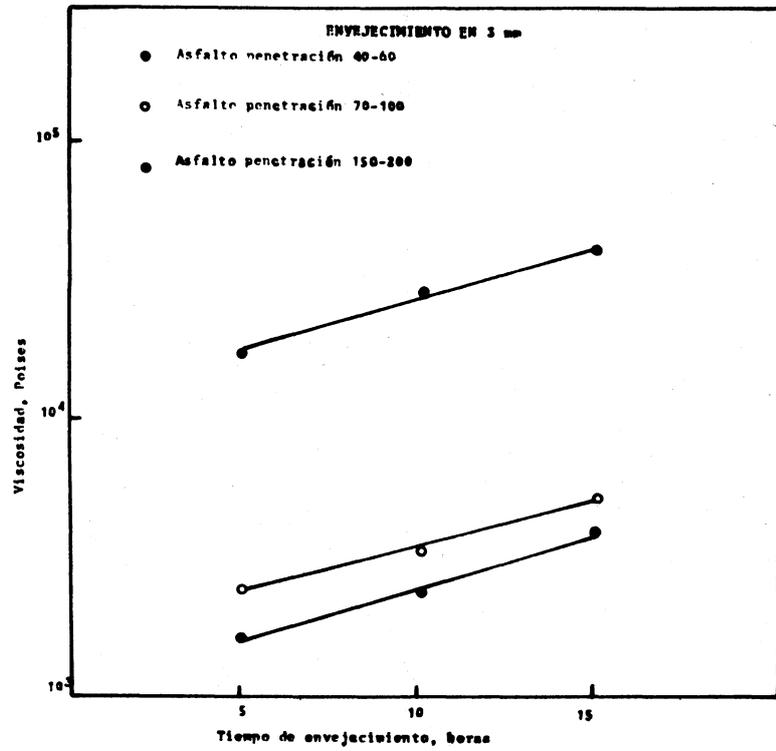


Fig. 6

Segunda parte:

COMPORTAMIENTO REOLOGICO DE LOS ASFALTOS SOMETIDOS  
A ENSAYOS DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

---

## PUNTO DE FRACTURA SEGUN FRAASS

---

Las fallas que se presentan en estructuras bituminosas tales como desintegración y fisuras, en general se producen a bajas temperaturas como consecuencia de la oxidación debida a los agentes atmosféricos. El punto de fractura Fraass (21), es la temperatura a la cual el asfalto se torna quebradizo, lo cual se pone de manifiesto por la aparición de fisuras, cuando una película de betún de 0,5 mm de espesor, colocada sobre una placa de metal es enfriada y flexionada en condiciones normalizadas. (figuras 7 y 8)

El incremento en el valor del punto de fractura para un betún luego de ser sometido a ensayos de envejecimiento, puede dar una indicación del probable comportamiento del mismo en una estructura. La determinación del punto de fractura está normalizada por el Instituto del Petróleo de Inglaterra bajo la denominación I.P. 80/53 (22) y por la norma DIN 1995-46 (23).

Rigden y Lee (24) hacen un estudio matemático de las condiciones del ensayo para breas, llegando a establecer en una primera aproximación, que la temperatura del punto de fractura Fraass es una temperatura de equiviscosidad, correspondiendo a una viscosidad de  $4 \times 10^9$  poises. Van der Poel (25) ha mostrado que el punto de fractura es la temperatura a la cual el Stiffness del betún es aproximadamente igual a  $10^9$  dinas/cm<sup>2</sup> ( $10^3$  Kg/cm<sup>2</sup>) para un tiempo de aplicación de la carga de 11 seg.

Este resultado está en completo acuerdo con el obtenido por Rigden, teniendo en cuenta que

$$S = \frac{3 \cdot H}{t}$$

donde S = Stiffness: dinas/cm<sup>2</sup>

$\mu$  = Viscosidad: poises

t = Tiempo de aplicación de la carga: seg

---

## MICROVISCOSIMETRO DE PLACAS DESLIZANTES (18)

---

Cuando se aplica un esfuerzo de corte a un líquido, el mismo produce una cierta velocidad de fluir en el mismo. En un líquido ideal la constante que relaciona la velocidad de fluir con el esfuerzo de corte es la viscosidad, de acuerdo con la ecuación de Newton. En general, asfaltos obtenidos por reducción directa mediante vapor y vacío se comportan casi como líquidos Newtonianos.

Si graficamos los valores de viscosidad frente a la velocidad de fluir, vemos que la viscosidad decrece al aumentar la velocidad de fluir. La pendiente de esta curva se la ha denominado índice de corte (Shear index) (12) y (26). Cambios muy grandes en esta pendiente producirán valores muy altos de viscosidad a bajas velocidades de fluir, es decir, cuando la velocidad de aplicación de la carga es lenta.

Doyle (4) y Hveem (12) han encontrado en asfaltos que habían sido sometidos a ensayos de envejecimiento, un cambio notorio en el índice de corte. Estos asfaltos empleados en caminos experimentales frente a otros betunes normales y durables, fallaron en poco tiempo, presentando el pavimento un marcado fisuramiento. En cambio asfaltos con variaciones más pequeñas del índice de corte daban mezclas que permanecían en perfecto estado. En consecuencia, se ve que es importante conocer el comportamiento reológico de los asfaltos bajo la forma del índice de corte luego de ser sometidos a ensayos de envejecimiento. Como se verá en la exposición de los resultados experimentales, las variaciones del índice de un asfalto luego de ser sometido a calentamiento durante 75 minutos a 163 C (Rolling Film Test) no son muy marcadas, de ahí la necesidad de incrementar el tiempo del

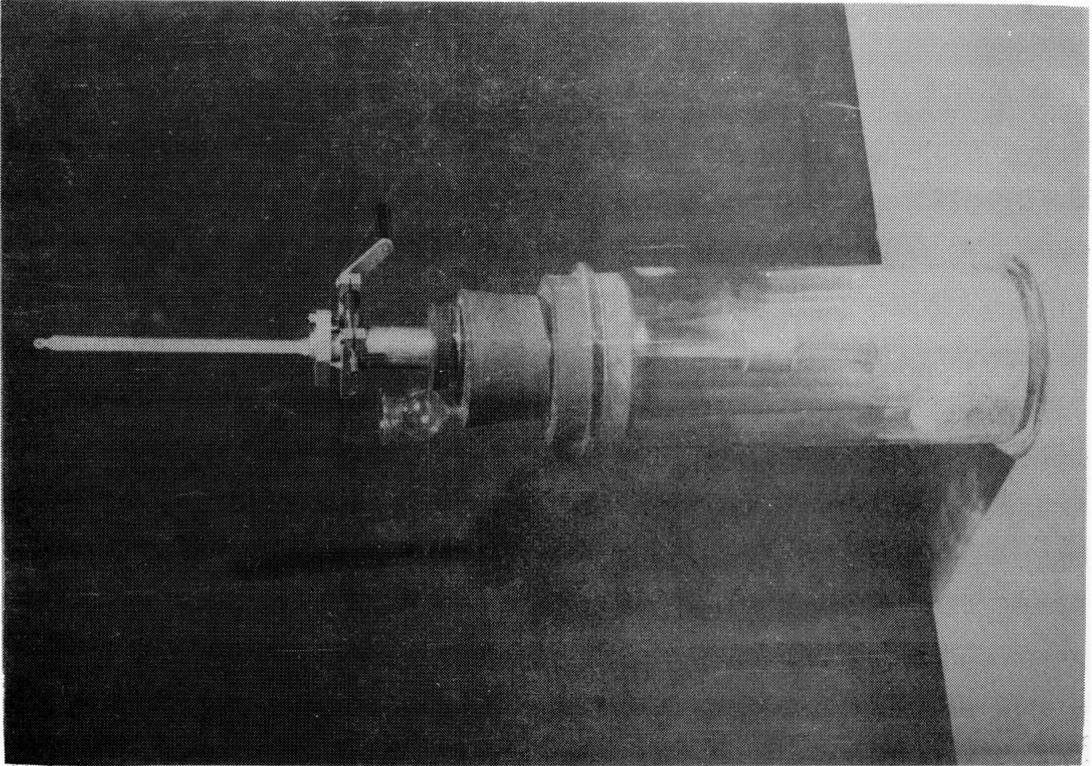


Fig. 7  
Aparato para punto de fractura según Fraass

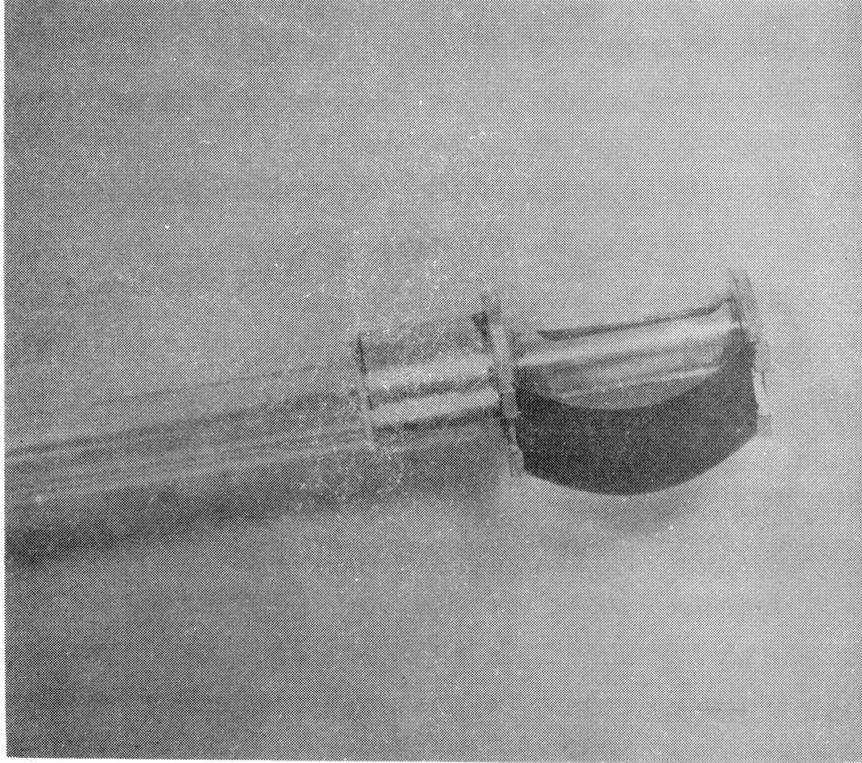


Fig. 8  
Detalle de la película bituminosa flexionada  
sometida al ensayo de Fraass

ensayo a los efectos de poner de manifiesto si se produce dicha variación.

A los asfaltos en estudio se los sometió a calentamiento (envejecimiento) durante 75, 150 y 300 minutos a 163 C según la técnica de la película fina rotativa (Rolling Film Test).

El tiempo de 300 minutos equivaldría, según se cree a un comportamiento en servicio de aproximadamente 5 años (14).

---

## MATERIALES ESTUDIADOS

---

Del total de asfaltos estudiados en la primera parte del trabajo se eligieron siete, los identificados con las letras B, C, F, G, H, I y J respectivamente. Las características se muestran en la Tabla I de la primera parte.

---

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

---

### Punto de fractura Fraass

En la Tabla V se muestran los valores obtenidos de punto de fractura junto con los de penetración, punto de ablandamiento, índice de penetración Pfeiffer y el módulo de rigidez (Stiffness). Este último se calcula para un tiempo de aplicación de la carga de 11 seg y la temperatura de Fraass, utilizando para ello el nomograma de Van der Poel (25).

Del análisis de esta tabla se ve que la susceptibilidad térmica de los betunes, medida por el índice de

Pfeiffer, disminuye con el envejecimiento, con excepción del asfalto F, en que se mantiene constante. Hay que hacer notar que el índice de corte de este asfalto también se mantiene constante con el envejecimiento como se verá más adelante. El punto de fractura Fraass, se hace menos negativo con el aumento del grado de envejecimiento, si bien este decrecimiento no es muy marcado en la mayoría de los asfaltos, con excepción nuevamente del asfalto F. En este asfalto existe una diferencia de 11 grados en el punto de fractura sobre el betún original y el envejecido durante 300 minutos, lo que queda justificado por su alta susceptibilidad a la temperatura como lo indica su índice de penetración.

Finalmente se observa una buena constancia en los valores de Stiffness, concordando con lo establecido por Van der Poel que en nuestro caso oscilan entre 1 y  $4 \times 10^9$  dinas/cm<sup>2</sup>.

### Comportamiento reológico

Se trabajó en espesores de película de 100 micrones aproximadamente con cuatro esfuerzos de corte a  $25 \text{ C} \pm 0,1$ . Los valores de viscosidad y velocidad de fluir fueron graficados en escala logarítmica y las viscosidades a una velocidad de fluir de 0,001 y 0,05  $\text{seg}^{-1}$  fueron calculadas. De este mismo gráfico se obtuvo el valor de la pendiente o sea el índice de corte.

En la tabla VI se muestran los valores obtenidos.

Del estudio de esta tabla se observa, como se dijo anteriormente, que no hay una variación muy grande del índice de corte entre el asfalto original y el envejecido 75 minutos a 163 C. Estos valores concuerdan con los obtenidos por otros autores (4) en iguales condiciones. En cambio, una variación apreciable se observa en los asfaltos envejecidos durante 300 minutos, lo cual indica una marcada complejidad en el flujo que posteriormente podría incidir en el comportamiento en servicio del asfalto.

La excepción a este comportamiento general, es el asfalto F, el cual muestra un bajo índice de corte y una

TABLA V

| ASFALTO     | Penetración<br>(a 25 C) | Punto de<br>Ablandamiento<br>( C ) | Indice de<br>Penetración<br>(Pfeiffer) | Punto de<br>Rotura Fraass<br>( C ) | Stiffness<br>(dinas/cm <sup>2</sup> ) |
|-------------|-------------------------|------------------------------------|--|------------------------------------|---------------------------------------|
| B Original  | 39                      | 53,5                               | -0,9                                   | - 16                               | 4,0 x 10 <sup>9</sup>                 |
| B + 75 min  | 33                      | 58,0                               | -0,2                                   | - 12                               | 1,5 "                                 |
| B + 150 min | 30                      | 60,0                               | -0,1                                   | - 10                               | 1,5 "                                 |
| B + 300 min | 24                      | 66,0                               | +0,5                                   | - 9                                | 1,5 "                                 |
| C Original  | 57                      | 50,0                               | -0,9                                   | - 16                               | 2,5 "                                 |
| C + 75 min  | 35                      | 56,8                               | -0,5                                   | - 14                               | 3,0 "                                 |
| C + 150 min | 22                      | 58,9                               | -0,5                                   | - 13                               | 3,0 "                                 |
| C + 300 min | 21                      | 68,0                               | +0,5                                   | - 12                               | 2,5 "                                 |
| F Original  | 82                      | 46,0                               | -1,1                                   | - 17                               | 1,5 "                                 |
| F + 75 min  | 52                      | 48,8                               | -1,4                                   | - 15                               | 4,0 "                                 |
| F + 150 min | 40                      | 50,9                               | -1,4                                   | - 11                               | 3,1 "                                 |
| F + 300 min | 31                      | 55,4                               | -1,1                                   | - 6                                | 2,5 "                                 |
| G Original  | 90                      | 47,2                               | -0,8                                   | - 16                               | 1,4 "                                 |
| G + 75 min  | 60                      | 49,8                               | -0,6                                   | - 13                               | 2,0 "                                 |
| G + 150 min | 45                      | 52,1                               | -0,5                                   | - 12                               | 1,4 "                                 |
| G + 300 min | 34                      | 59,0                               | 0,0                                    | - 12                               | 1,5 "                                 |
| H Original  | 165                     | 39,8                               | -1,0                                   | - 26                               | 3,0 "                                 |
| H + 75 min  | 90                      | 47,8                               | -0,3                                   | - 25                               | 3,0 "                                 |
| H + 150 min | 65                      | 51,8                               | -0,1                                   | - 24                               | 3,0 "                                 |
| H + 300 min | 43                      | 61,8                               | +1,0                                   | - 20                               | 1,6 "                                 |
| I Original  | 213                     | 37,0                               | -1,2                                   | - 24                               | 2,0 "                                 |
| I + 75 min  | 103                     | 45,0                               | -0,7                                   | - 21                               | 1,7 "                                 |
| I + 150 min | 78                      | 48,7                               | -0,4                                   | - 21                               | 2,5 "                                 |
| I + 300 min | 53                      | 58,4                               | +1,0                                   | - 21                               | 1,5 "                                 |
| J Original  | 168                     | 41,2                               | -0,6                                   | - 19                               | 0,7 "                                 |
| J + 75 min  | 105                     | 45,0                               | -0,7                                   | - 18                               | 1,6 "                                 |
| J + 150 min | 69                      | 49,0                               | -0,6                                   | - 17                               | 1,7 "                                 |
| J + 300 min | 54                      | 55,6                               | +0,2                                   | - 16                               | 1,5 "                                 |

TABLA VI

| ASFALTO | Tiempo de enve<br>jecimiento<br>min. | Viscosidad a 25 C<br>Megapoise |                        | Indice de<br>corte |
|---------|--------------------------------------|--------------------------------|------------------------|--------------------|
|         |                                      | 0,001 seg <sup>-1</sup>        | 0,05 seg <sup>-1</sup> |                    |
| B       | Original                             | 12,5                           | 7,80                   | 0,08               |
| B       | 75                                   | 34,5                           | 17,3                   | 0,17               |
| B       | 150                                  | 45,0                           | 22,0                   | 0,17               |
| B       | 300                                  | 170                            | 63,8                   | 0,25               |
| C       | Original                             | 3,80                           | 2,65                   | 0,10               |
| C       | 75                                   | 17,0                           | 12,0                   | 0,10               |
| C       | 150                                  | 40,0                           | 29,0                   | 0,08               |
| C       | 300                                  | 178                            | 66,5                   | 0,25               |
| F       | Original                             | 1,80                           | 1,25                   | 0,09               |
| F       | 75                                   | 4,55                           | 3,60                   | 0,05               |
| F       | 150                                  | 7,60                           | 6,20                   | 0,05               |
| F       | 300                                  | 21,0                           | 15,1                   | 0,09               |
| G       | Original                             | 1,70                           | 1,32                   | 0,06               |
| G       | 75                                   | 4,35                           | 3,80                   | 0,05               |
| G       | 150                                  | 13,5                           | 8,30                   | 0,16               |
| G       | 300                                  | 45,0                           | 28,6                   | 0,14               |
| H       | Original                             | 0,32                           | 0,26                   | 0,05               |
| H       | 75                                   | 1,13                           | 0,95                   | 0,05               |
| H       | 150                                  | 3,0                            | 1,75                   | 0,14               |
| H       | 300                                  | --                             | --                     | --                 |
| I       | Original                             | 0,16                           | 0,16                   | 0,00               |
| I       | 75                                   | 1,15                           | 1,00                   | 0,03               |
| I       | 150                                  | 3,95                           | 2,32                   | 0,12               |
| I       | 300                                  | 16,8                           | 7,60                   | 0,14               |
| J       | Original                             | 0,35                           | 0,31                   | 0,03               |
| J       | 75                                   | 2,22                           | 1,72                   | 0,05               |
| J       | 150                                  | 6,00                           | 2,88                   | 0,17               |
| J       | 300                                  | 11,5                           | 6,00                   | 0,15               |

constancia en su valor luego de los sucesivos envejecimientos, lo cual revelaría una excelente resistencia al calentamiento prolongado.

---

## CONCLUSIONES

---

- 1) Los ensayos realizados sobre los betunes según la técnica ASTM 1754 e IRAM 6582 para tiempos de 5 horas, determinando la penetración de los residuos, el por ciento retenido de penetración y la viscosidad dinámica a 60 C, ponen en evidencia que la penetración residual y el valor de la penetración retenida, no son una medida real de la viscosidad del material. Lo mismo acontece con los materiales sometidos al ensayo de Hveem y colaboradores por el método de película fina rotativa de 75 minutos de duración.
- 2) Se encuentra una aceptable coincidencia entre los valores de viscosidad a 60 C de los residuos del ensayo ASTM (5 horas) y el del método de Hveem (75 minutos) para la mayor parte de los asfaltos estudiados.  
Dicha coincidencia se repite también para el ensayo de penetración a 25 C siguiendo las técnicas descriptas.
- 3) Los valores de viscosidad y penetración para 10 horas (ensayo de 3 mm) y 150 minutos (película fina rotativa), como los de 15 horas y 300 minutos no encuentran concordancia, produciéndose un incremento muy grande de la viscosidad, en el intervalo de calentamiento que va de 150 a 300 minutos en el ensayo de la película fina rotativa.
- 4) Dada la concordancia en los valores obtenidos, el método de Hveem y colaboradores ofrece ventaja frente al método ASTM 1754, en el menor tiempo de ejecución del ensayo.
- 5) El índice de envejecimiento considerado como el cociente de la viscosidad del material calentado y la viscosidad del material original (película fina rotativa) que es una medida del cambio de consistencia experimentado, revela

que en las condiciones de mezcla en usina (75 minutos), la alteración de los materiales es menos manifiesta en los asfaltos B, E y G. Se tiene una alteración algo mayor en los betunes A, H, F y J.

- 6) La viscosidad de los residuos luego del ensayo de envejecimiento durante 300 minutos, según el método de Hveem, servirán como elemento de juicio para valorar el incremento de consistencia de los asfaltos, luego de un período prolongado de servicio, que equivaldría a 5 años, según la experiencia de los investigadores del Estado de California.
- 7) El punto de fractura según Fraass expresado en grados centígrados crece a medida que aumenta el grado de envejecimiento, no existiendo una marcada diferencia entre los betunes originales y los envejecidos durante 75 minutos a 163 C. La diferencia se acentúa a 300 minutos de exposición, siempre con referencia al asfalto original. La mayor diferencia, 11 C, se encuentra en el asfalto F, lo que está de acuerdo con su elevada susceptibilidad térmica, como lo indica el índice de Pfeiffer.
- 8) Los valores del módulo de rigidez (Stiffness) calculados a la temperatura de Fraass oscilan entre 1 y  $4 \times 10^9$  dinas/cm<sup>2</sup>, y están de acuerdo con lo establecido por Van der Poel.
- 9) El comportamiento reológico estudiado bajo la forma del índice de corte (Shear index) con el microviscosímetro de placas deslizantes, nos muestra que no hay una variación grande entre los asfaltos originales y envejecidos 75 minutos a 163 C. Dentro de los materiales estudiados, en cambio, se observa un considerable incremento con los betunes envejecidos 300 minutos, con excepción del betún F.
- 10) Los ensayos reológicos practicados en los betunes envejecidos durante 300 minutos siguiendo la técnica Hveem y colaboradores, permitirían prever el comportamiento en servicio de los asfaltos, de llegar a establecerse fehacientemente para nuestros asfaltos, la equivalencia en tiempo entre la alteración producida en servicio luego

de un cierto período y la que se obtiene en laboratorio durante 300 minutos, como se dijo anteriormente, algunos autores de EE.UU. afirman que tal equivalencia es de 5 años.

---

BIBLIOGRAFIA

---

- 1) Hatherly, L.W. - Asphaltic Road Materials (1966).
- 2) McLeod, N. - Decimotercera Reunión del Asfalto, Córdoba, 1964.
- 3) Simpson, W., Griffin, R. y Miles, K. - A.S.T.M. S.T.P. 277 (1959).
- 4) Doyle, P. - Assoc. Asph. Pav. Tech. 27, 581 (1958).
- 5) Blokker, P. C. - Fifth World Petroleum Congress (1959).
- 6) Welborn, F. - 7º Congreso Mundial de Petróleo, PDDC 41 (1967).
- 7) Monismith, C. - 7º Congreso Mundial de Petróleo, PD 41 (2), 19 (1967).
- 8) A.S.T.M. Method D-1754 (1966).
- 9) I.R.A.M. Norma 6604 Asfaltos de petróleo para pavimentos (1957).
- 10) Castellano, E. y Galli, C. - Primera Reunión del Asfalto (1946).
- 11) Lewis, R. y Welborn, J. - Proc. Assoc. Asph. Pav. Tech. 14 (1940).
- 12) Hveem, F., Zube, E. y Skog, J. - Assoc. Asph. Pav. Tech. San Francisco (1963).
- 13) Dormon, J. - Conferencia en Dirección de Vialidad, Pcia. Bs.As. (1966).
- 14) Schmidt, R. - Chevron Asphalt Co. - Tech. Paper 137 (1966)

- 15) Kari, W. y Gordon, G. - Chevron Asphalt Co. - Tech. Paper 135 (1966).
- 16) Van der Poel, C. - Building Materials Cap. IX, Road Asphalt (1954).
- 17) A.S.T.M. Method D-1754 (1966).
- 18) Pinilla, A. y Agnusdei, J. - Decimotercera Reunión del Asfalto (1964).
- 19) State of California - Dep. Public Roads - Test Method 346 (1962).
- 20) Pinilla, A. y Reynaldi, A. - Decimocuarta Reunión del Asfalto (1966).
- 21) Fraass, A. - Asphalt u. Teer Strassenbantechn 3<sup>a</sup>, 367 (1930).
- 22) Standard Methods of Testing Petroleum and its Products 1944, 5th ed., p. 27 (London Institute of Petroleum).
- 23) DIN, 1995 - Ub.
- 24) Rigden, P.J. and Lee, A.R., J. Appl. Chem. 1953, 3, 62.
- 25) Van der Poel, C. - Journal appl. Chem; Volume 4, Part 5, 1954, 221, 36.
- 26) Zube, E., Skog, J. - Report on Durability of Paving - Asphalt Part I, Division of Highways State of California, 1966.

---

DETERMINACION ESPECTROQUIMICA DE IMPUREZAS EN PLATA

---

Dr. Justo P. Sosa  
Dr. Julio C. Merodio  
Quím. Néstor Russo

---

Serie II, n° 134

---

## INTRODUCCION

---

Una de las solicitudes de ensayo que nos es presentada últimamente con suma frecuencia es la determinación del grado de pureza de alambres de plata de diferentes diámetros para ser utilizados fundamentalmente como fusibles.

Si bien no existen especificaciones respecto de los límites de las impurezas, las reparticiones oficiales exigen a las firmas proveedoras que los materiales tengan un mínimo de 99,9% de riqueza en plata.

En las normas IRAM, como asimismo en las extranjeras, no figura ningún tipo de técnica convencional para el análisis de este tipo de material. Nuestro objetivo es tratar de resolver este problema analítico por vía de la valoración a través de la aplicación de técnicas polarográfica o espectroquímica, del contenido de las impurezas que más comunmente acompañan al elemento principal, a saber: plomo, cobre y cadmio como impurezas mayores, e hierro, platino, paladio, iridio, oro, níquel, estaño y aluminio como impurezas menores.

---

## TECNICA POLAROGRAFICA

---

En la determinación polarográfica de los elementos cobre, cadmio, plomo e hierro se ha utilizado como electrolito soporte una solución de tartrato disódico 0,5 M a pH 10. En estas condiciones el sistema permite la descarga sucesiva de los cuatro elementos con los siguientes valores de potencial de media onda,  $E_{1/2}$  : Cu = -0,30 V.;

Pb = -0,55 V.; Cd = -0,65 V. y Fe = -1,20 V.

Debido a la circunstancia de que el elemento plata posee un potencial de descarga más positivo que los anteriores, la valoración por vía polarográfica de aquellos cuatro elementos exige la separación previa cuantitativa del elemento base.

Es por ello que se efectuaron una serie de ensayos con soluciones sintéticas preparadas según muestra la Tabla I, y procediendo a separar plata como cloruro de plata, en las condiciones comunes de precipitación. Luego se practicó la valoración polarográfica de los elementos cobre, plomo, cadmio e hierro en la solución libre de plata, llevando la misma a total sequedad y disolviendo el residuo con el electrolito soporte ya especificado.

Asimismo para estudiar el comportamiento del precipitado de cloruro de plata respecto a sus propiedades de adsorción, se verificó por vía espectroquímica la posible presencia de aquellos cuatro elementos en dicho precipitado (Tabla I).

En la preparación de las soluciones sintéticas se utilizó nitrato de plata de pureza espectroscópica. La solución N<sup>o</sup> 4 constituye el ensayo en blanco y en las tres primeras soluciones se ha mantenido constante el tenor de los cuatro elementos menores y variando el del elemento base; las soluciones 5 y 6 presentan una situación inversa.

Los resultados experimentales son resumidos en la Tabla II. La concentración de los elementos fué determinada comparando las curvas polarográficas de los mismos, con las obtenidas con soluciones puras de los elementos sin adición de plata. Todas las determinaciones fueron realizadas por triplicado, y los valores de las mismas no difieren entre sí en más de algunas centésimas.

Los valores hallados que figuran en la Tabla II adolecen de un error relativamente elevado debido a la circunstancia de obtener en los casos extremos, ondas polarográficas muy pequeñas, del orden de 4 a 5 mm, lo que hace muy difícil la medida exacta de las mismas.

TABLA I

| Solu-<br>ción<br>Nº | Plata<br>mg/100 ml | Cobre<br>mg/100 ml | Cadmio<br>mg/100 ml | Plomo<br>mg/100 ml | Hierro<br>mg/100 ml |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------|---------------------|
| 1                   | 500                | 1,0                | 1,0                 | 1,0                | 1,0                 |
| 2                   | 1000               | 1,0                | 1,0                 | 1,0                | 1,0                 |
| 3                   | 1500               | 1,0                | 1,0                 | 1,0                | 1,0                 |
| 4                   | 1000               | 0,0                | 0,0                 | 0,0                | 0,0                 |
| 5                   | 1000               | 0,10               | 0,10                | 0,10               | 0,10                |
| 6                   | 1000               | 0,50               | 0,50                | 0,50               | 0,50                |

El estudio de los resultados obtenidos permite deducir que la adsorción de los elementos cobre, cadmio e hierro por el precipitado de cloruro de plata, es prácticamente despreciable, en tanto que se observa una pérdida relativamente elevada de plomo (100% para 0,10 mg) adsorbido como cloruro de plomo en el precipitado de cloruro de plata.

Estas conclusiones fueron verificadas realizando el análisis espectroquímico del precipitado de cloruro de plata, encontrándose cantidades significativamente grandes de plomo.

---

#### TECNICA ESPECTROQUIMICA

---

#### Ensayos preliminares

Estudiando las condiciones y tipo de excitación más apropiados para estos materiales, encontramos que la excitación por arco intermitente de 50 c.p.S. de nuestra fuente, sobresalía sobre las otras formas de excitación tales como la de

arco de c.c. y la de chispa.

Usando los mismos alambres de plata como electrodo y contra electrodo, con intensidad de 7 Amp se obtiene un espectro limpio, con poco fondo de placa, en la que la identificación y determinación de los elementos que constituyen las impurezas, es un problema simple, siempre y cuando se disponga de muestras patrones cuyo diámetro sea del mismo orden que el correspondiente a las muestras problemas. Desgraciadamente esto no puede cumplirse en la práctica, por que necesitaríase disponer de un gran número de muestras patrones con diámetros iguales a las muestras problemas. De no cumplirse con este requisito el análisis espectroquímico cuantitativo deja de tener la exactitud mínima requerida.

Para salvar esta dificultad no queda otro camino que el de disolver la muestra por vía química para transformarla en sal de plata y luego analizar ésta, sometiéndola a la excitación por arco de c.c. Como antecedente, en el ASTM (1) figura la determinación de impurezas en plata por esta vía.

Los inconvenientes de este tipo de excitación para el análisis cuantitativo son su poca reproductibilidad y la obtención de espectros con mucho fondo de placa, lo que dificulta las medidas densitométricas de las líneas. En el trabajo que se ha mencionado como antecedente, sus autores salvan esta dificultad empleando el "Stallwood jet", elemento que permite trabajar con atmósfera controlada eliminando en buena medida las bandas del cianógeno (2). Nosotros no disponemos por el momento de este dispositivo, pero en base a nuestros estudios realizados con muestras patrones sintéticas, adoptamos esta vía de determinación porque logramos el mínimo requerido de exactitud y precisión.

#### Experiencias realizadas con cloruro de plata

A partir de nitrato de plata de pureza espectroscópica, se prepararon cuatro muestras de cloruro de plata de composición diferente, mediante el agregado por vía húmeda de los elementos que constituyen las impurezas de la plata: Cu, Pb, Cd, Fe, Ni, Sn, Al, Pt, Ir, Pd y Au, y transformados

posteriormente como cloruro, por agregado de ácido clorhídrico. Para tal fin se prepararon soluciones de estos cationes de concentraciones definidas, a partir de los elementos de pureza espectroscópica (Johnson, Matthey). El residuo seco fué homogeneizado y porfirizado. Los patrones preparados figuran en la Tabla III.

#### Aparatos utilizados y condiciones de trabajo

Espectrógrafo Z 3 de JOBIN-YVON, prisma de cuarzo (Cornu) de distancia focal 1900 mm.

Fuente de excitación: arco de corriente continua de la fuente universal G.M. 60 Durr.

Densitómetro: Jarrel Ash modelo N<sup>o</sup> 21-051.

Emulsión espectrográfica: S.A.1 (Eastman Kodak) calibrada con sector de relación 1,585 y fuente de luz de arco de glóbulo de hierro; método de dos escalones (3).

Electrodos de grafito: calidad "Especial" de 3 y 6 mm de diámetro.

En todos los casos se mantuvieron constantes los valores de:

Tensión de entrada: 220 V.

Intensidad: 10 Amp.

Abertura entre electrodos: 2 mm.

Ranura: 30  $\mu$ .

Tiempo de excitación: 30 seg.

Región del espectro impresionado: 3500 - 2200 Å.

Electrodos: inferior, como ánodo P-1 (4).

superior, como cátodo C-6.

Procesado de la placa: (5) revelado 4 min en D-19 a 20 C.

baño de paro: 10-30 seg en 5.B-5a.

fijado: 10 min en F-5.

Se pesa 100 mg  $\pm$  2 mg de muestra y se coloca en el cráter de la copita. Para cada patrón se han hecho diez determinaciones.

TABLA II

Resultado de la determinación polarográfica de pequeñas cantidades de Pb (II), Cu (II), Cd (II) y Fe (III)

| Solución<br>Nº | Cu mg/100 ml    |                 | Pb mg/100 ml    |                 | Cd mg/100 ml    |                 | Fe mg/100 ml    |                 |
|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                | adicio-<br>nado | encon-<br>trado | adicio-<br>nado | encon-<br>trado | adicio-<br>nado | encon-<br>trado | adicio-<br>nado | encon-<br>trado |
| 1              | 1,0             | 1,0             | 1,0             | 0,70            | 1,0             | 1,0             | 1,0             | 1,0             |
| 2              | 1,0             | 0,95            | 1,0             | 0,60            | 1,0             | 0,95            | 1,0             | 1,0             |
| 3              | 1,0             | 1,0             | 1,0             | 0,60            | 1,0             | 0,95            | 1,0             | 0,95            |
| 4              | 0,0             | 0,0             | 0,0             | 0,0             | 0,0             | 0,0             | 0,0             | 0,0             |
| 5              | 0,10            | 0,10            | 0,10            | 0,00            | 0,10            | 0,10            | 0,10            | 0,10            |
| 6              | 0,50            | 0,50            | 0,50            | 0,30            | 0,50            | 0,50            | 0,50            | 0,50            |

TABLA III

Muestras sintéticas preparadas a partir de patrones de pureza espectroscópica

| Elemento | Testigo A<br>% | Testigo B<br>% | Testigo C<br>% | Testigo D<br>% |
|----------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Cu       | 0,001          | 0,01           | 0,03           | 0,10           |
| Cd       | 0,001          | 0,01           | 0,03           | 0,10           |
| Pb       | 0,003          | 0,01           | 0,03           | 0,10           |
| Zn       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Al       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Ni       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Au       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Pt       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Ir       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Pd       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |
| Sn       | 0,001          | 0,01           | 0,025          | 0,05           |

## Estudio de los espectros

Se detectan todos los elementos que constituyen las impurezas, aún para el standard más diluido, es decir hay gran sensibilidad favorecida por el efecto "Carrier" del cloruro.

Desde el punto de vista cuantitativo hay una dispersión muy grande en los valores de las intensidades relativas, que calculados como coeficiente de variación, alcanzan para algunos elementos a 40 %.

Creemos que este error se debe a la distribución heterogénea de las impurezas en el precipitado de cloruro de plata.

Hemos intentado disminuir este efecto por la vía de la precipitación homogénea en la preparación de las muestras patrones, pero no hemos obtenido mejoras en los resultados. Sin embargo creemos no haber agotado los medios para conseguir un precipitado de composición homogénea.

Se efectuaron en el densitómetro las medidas de las transmitancias (T) de las siguientes líneas:

|                            |                                 |
|----------------------------|---------------------------------|
| Cu : 3.247,54 y 2.961,16 A | Al : 2.660,39 A                 |
| Pb : 2.833,07 y 2.873,31 A | Pt : 3.064,71 A                 |
| Cd : 2.288,02 A            | Ir : 2.849,72 A                 |
| Fe : 3.020,64 A            | Pd : 3.421,24 A                 |
| Ni : 2.821,29 A            | Au : 2.427,95 A                 |
| Sn : 2.571,59 A            | Ag : 3.099,12 A y<br>2.721,75 A |

Los valores de (T) fueron transformados en densidades ópticas y referidas luego a la curva de calibración de la emulsión, para obtener los valores de las intensidades. Estas están corregidas por el efecto debido a fondo de placa y luego relacionadas a la línea de la plata 3.099 A o 2.721 A, tomadas como standard interno.

## Experiencias realizadas con nitrato de plata

Se prepararon cuatro muestras standard, idénticas en cuanto a composición a las que figuran en la tabla III, con la diferencia que las sales se encuentran como nitratos y además se ha omitido el agregado del elemento hierro, para simplificar el estudio de los espectros.

### Condiciones de trabajo

Las mismas que para el caso del cloruro de plata con la diferencia que se trabaja con dos tiempos diferentes de excitación.

30 seg. para los elementos : Pb, Zn, Pd, Ir.

50 seg. para los elementos : Cu, Ni, Pt, Au, Al, Cd.

### Estudio de los espectros

Para el Standard más diluido no se detectan todos los elementos, únicamente el Cu, Pb, Zn y Al. Los espectros ofrecen un mayor fondo de placa que en el caso de los cloruros.

Sin embargo, desde el punto de vista cuantitativo es notable la mejora que se obtiene, ya que el coeficiente de variación de los valores de las intensidades para diez determinaciones, es del orden de 10 a 15 %.

Las curvas de trabajo para cada elemento se ha representado en un sistema de coordenadas: en las ordenadas figuran las relaciones de intensidades del elemento en cuestión y la línea de la plata tomado como Standard interno; en la abscisa, el logaritmo de la concentración del elemento.

Los gráficos presentados corresponden a las curvas de trabajo de los once elementos determinados.

### CONCLUSIONES

Las impurezas más comunes en los alambres de plata

son: Cu, Pb y Cd (como impurezas mayores). Fe, Ni, Sn, Al, Zn, Pt, Pd, Ir y Au (como impurezas menores).

La vía polarográfica permite determinar: Cu, Cd, Fe, pero exige la separación exhaustiva de la plata.

La separación de la plata en forma simple puede hacerse por dos caminos: por vía electrolítica o por vía gravimétrica como cloruro de plata; en el primer caso el Cu deposita conjuntamente con la plata y en el segundo, el Pb es adsorbido como cloruro de plomo.

La vía espectroquímica nos permite determinar once elementos: Cu, Cd, Pb, Ni, Sn, Al, Zn, Pt, Pd, Ir y Au y no exige operaciones de separación.

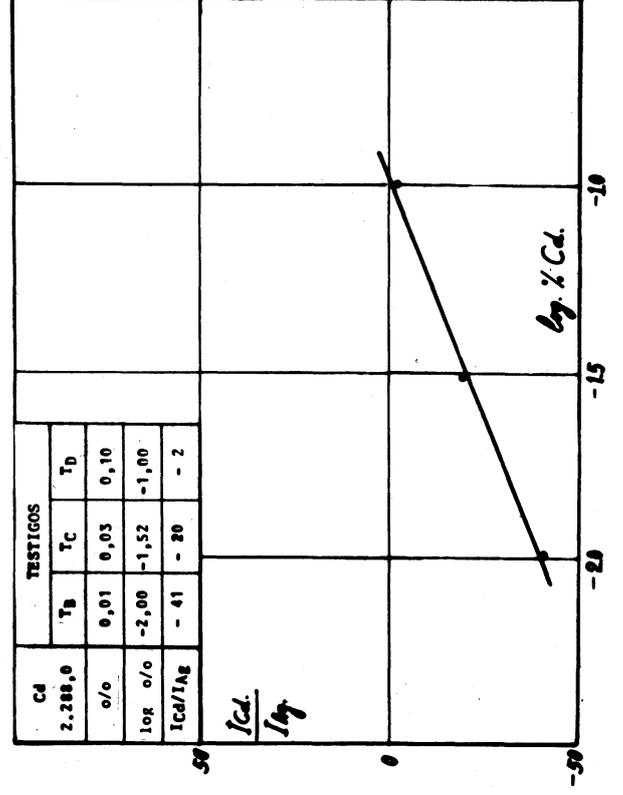
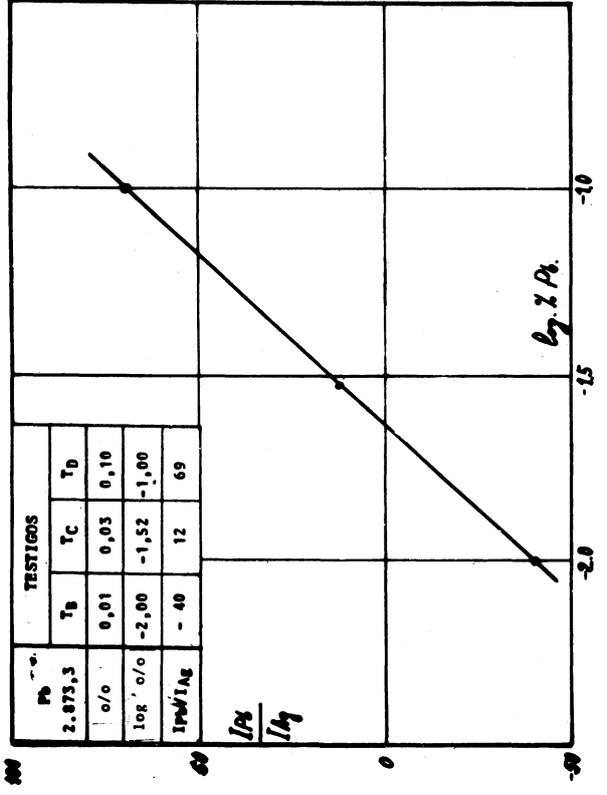
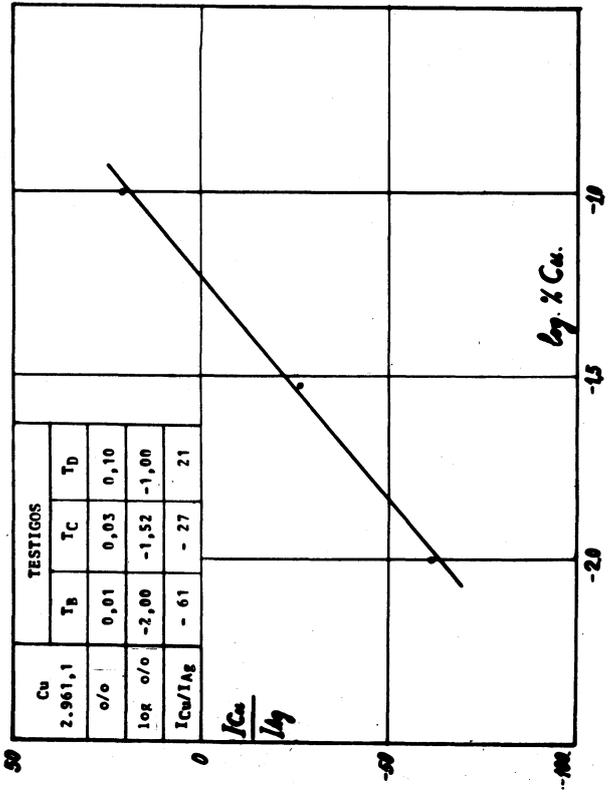
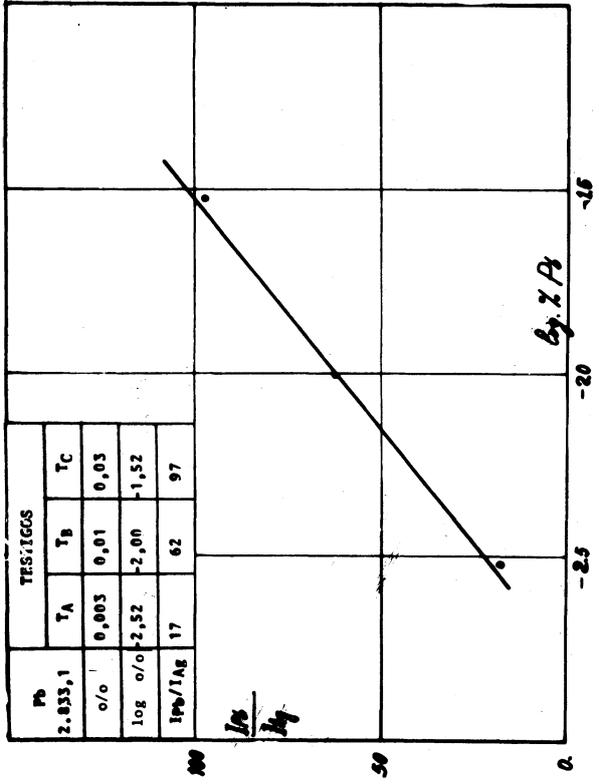
La excitación por arco intermitente de 50 c.p.s. de la fuente que disponemos, es la más conveniente porque se trabaja directamente con la muestra como electrodos y ofrece un espectro libre de fondo de placa, pero en general no puede aplicarse por falta de muestras Standard de iguales diámetros a la muestra.

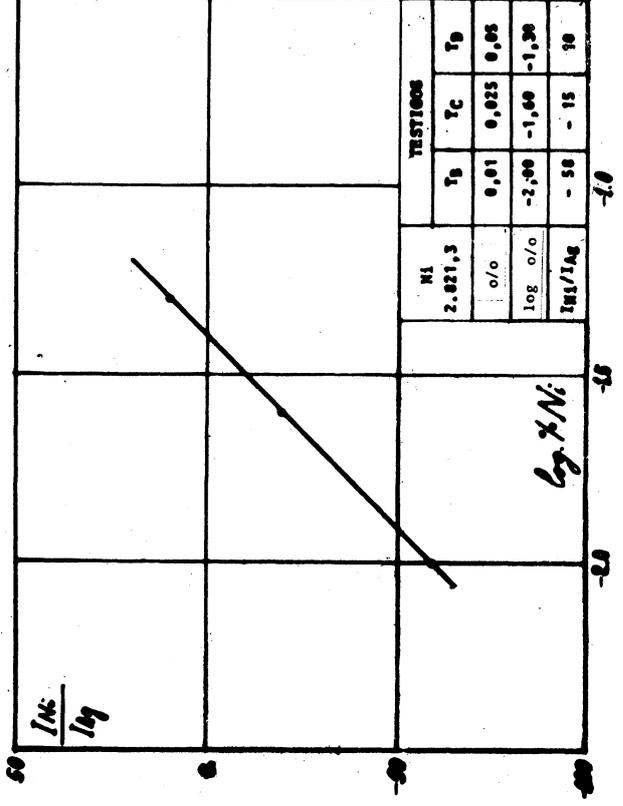
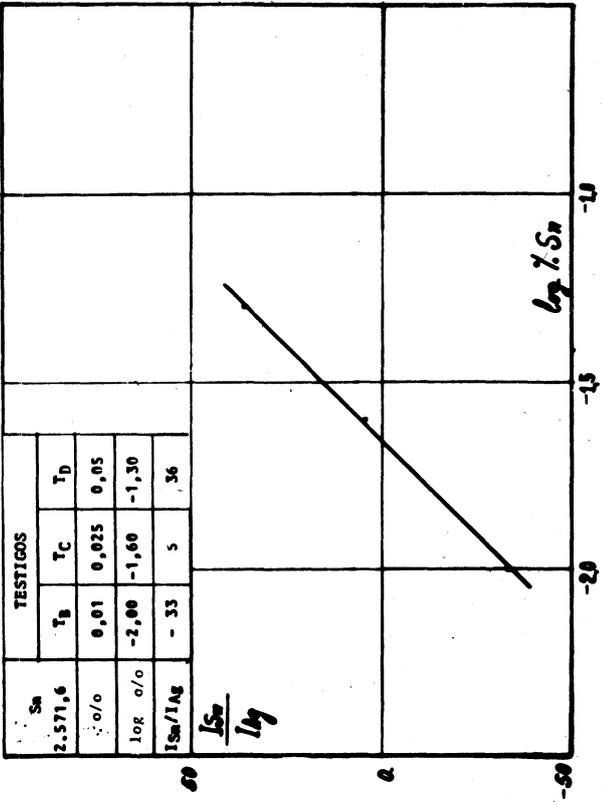
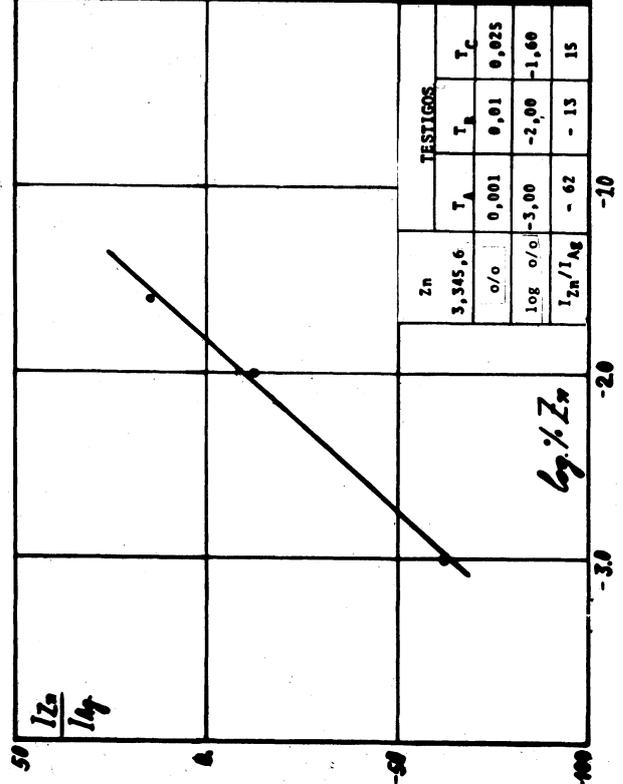
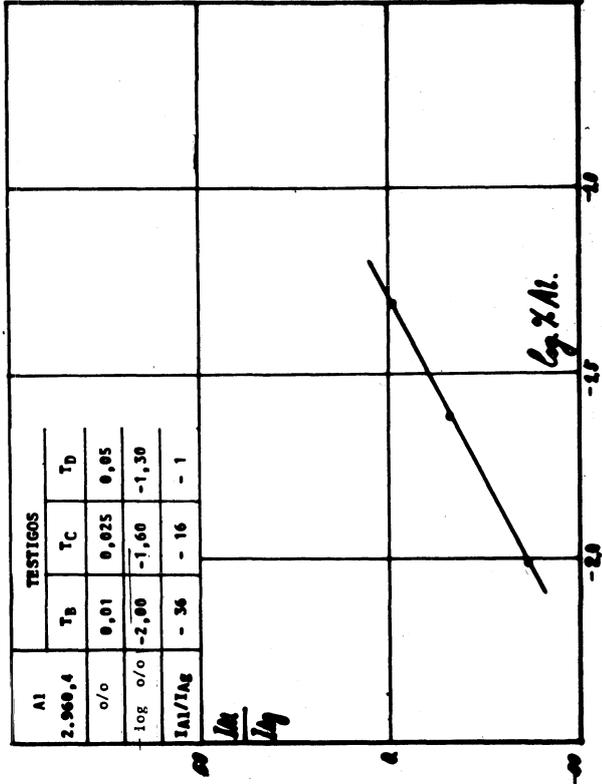
La gran diversidad en los diámetros y la falta de muestras patrones, se subsanan disolviendo la muestra y transformandola en un residuo salino de cloruro de plata o nitrato de plata; esto posibilita comparar con muestras patrones sintéticas.

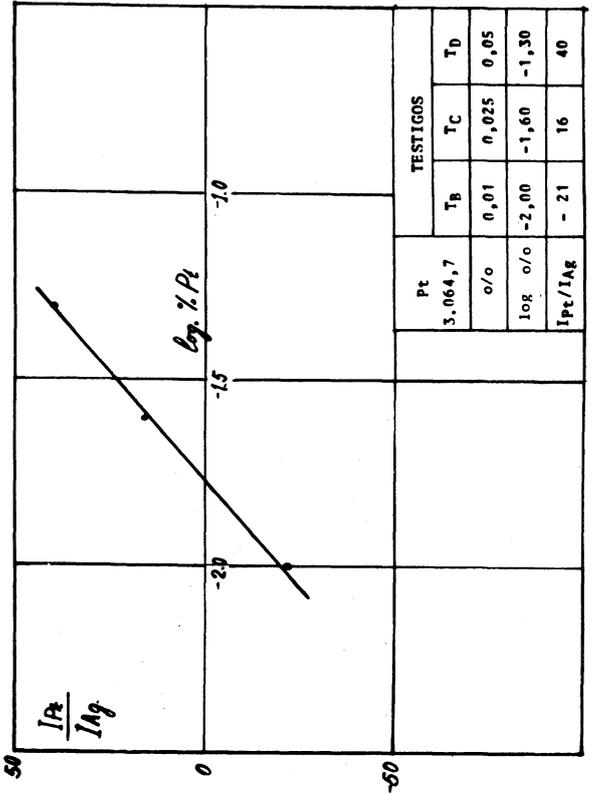
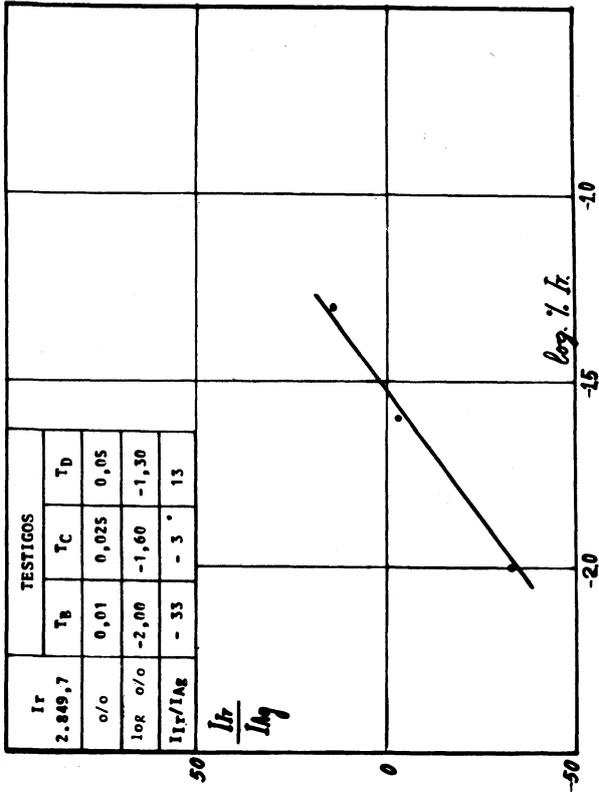
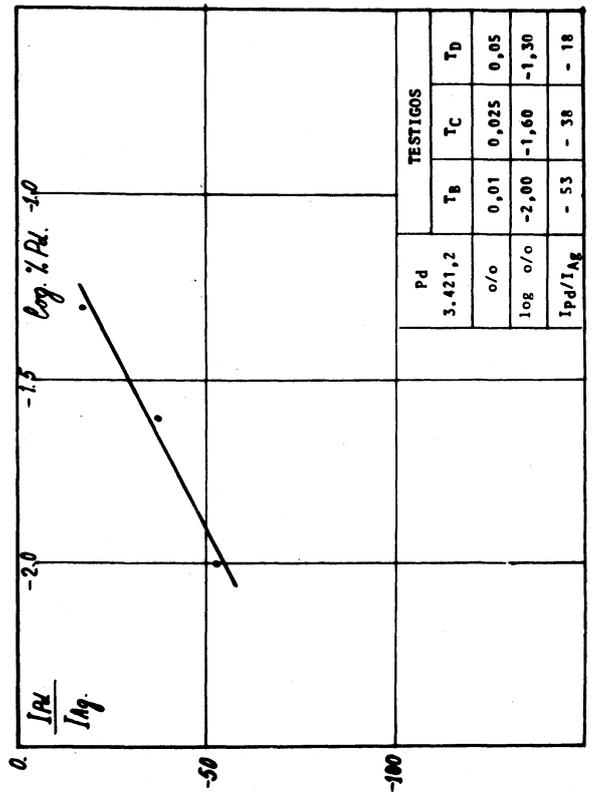
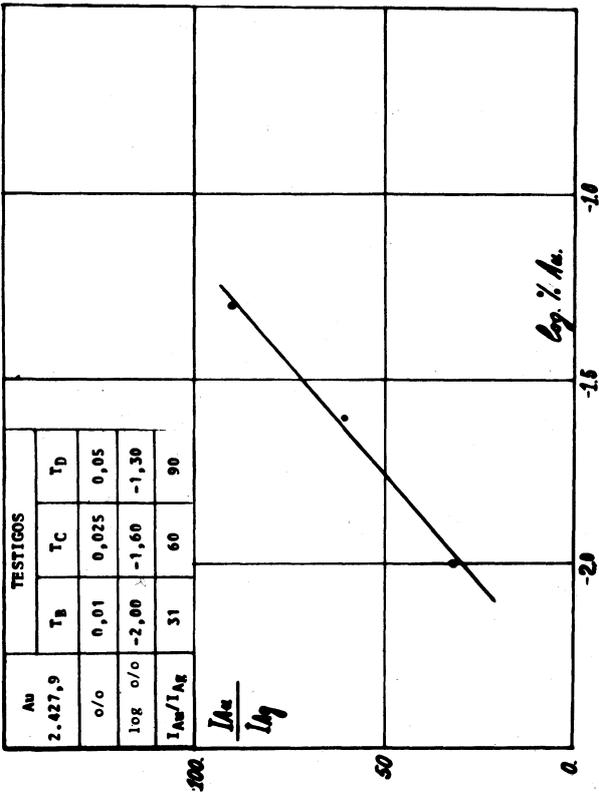
La excitación por arco de c.c. sobre el cloruro de plata, tiene una mayor sensibilidad para detectar trazas pero la precisión es pobre. Sobre el nitrato de plata, si bien no se alcanza aquella sensibilidad la precisión es buena.

Nosotros hemos adoptado esta última vía de determinación porque satisface las exigencias mínimas: precisión y rapidez.

Los resultados obtenidos para el Cu, Pb y Cd se han verificado con determinaciones polarográficas, obteniéndose buena concordancia.







---

BIBLIOGRAFIA

---

- 1.- **Methods** for Emission Spectrochemical Analysis A.S.T.M.  
E-25 M6 - 29, 4a ed. 1964.
- 2.- B.J. Stallwood, Journal Optical Soc. Am. V.44, pag.  
171-176, 1954.
- 3.- **Methods** for Emission Spectrochemical Analysis A.S.T.M.  
E 116-59 T, 4a ed. 1964.
- 4.- Ibid E 130-63 T, 4a ed. 1964.
- 5.- Ibid E 115-59 T, 4a ed. 1964.

---

ALGUNOS HECHOS RELACIONADOS CON LA DURABILIDAD DE LAS  
ESTRUCTURAS DE HORMIGON LIVIANO

---

Ing. Alberto S. C. Fava

---

Serie II, n° 135

En la Parte I de los "Proceedings of the International Symposium on Lightweight Aggregate Concrete" (Budapest, 1967) el Prof. Jiro Murata, de la Universidad de Tokio, hace mención al problema de la durabilidad del hormigón liviano. Este es un problema de importancia fundamental, que debe merecer una consideración especial, además de estudio y preocupación.

No es mucho lo que puede decirse de ensayos desarrollados en la Argentina con el fin de determinar las características y el comportamiento de los áridos livianos, o del hormigón que contiene áridos livianos. En efecto, la arcilla expandida por cocción sólo ha empezado a emplearse en nuestro país a fines del año 1966. En esa fecha dos fábricas iniciaron la producción de dichos áridos en escala industrial. Cuando ha sido necesario, se han empleado los procedimientos y métodos de ensayo de la American Society for Testing and Materials (ASTM) y del American Concrete Institute (ACI), ambos de los Estados Unidos.

Colina y Giovambattista (1) han realizado algunas investigaciones tecnológicas sobre hormigones livianos que contenían lava volcánica y arcilla expandida por cocción.

El propósito del presente Informe es llamar la atención sobre algunos hechos que aunque no están directamente relacionados con los propósitos del Simposio, son importantes para quienes actúen tanto en laboratorio como en obra y, a juicio del autor, no deben pasar inadvertidos. Ellos se refieren al período de vida útil de las estructuras ejecutadas con hormigón preparado con áridos livianos. Los estudios, investigaciones y ensayos se realizan y desarrollan con el fin de apreciar y tener mayores conocimientos sobre los materiales, y esto a su vez permite construir mejores estructuras.

Los hechos a que se hizo referencia derivan de: 1) Informaciones obtenidas en el State of Nebraska Department of Roads (USA); 2) Informaciones proporcionadas por Donald

O. Woolf, ex-Jefe de Investigaciones del Laboratorio de Hormigones, del U.S Bureau of Public Roads, y actualmente Ingeniero Consultor del Expanded Clay, Shale and Slate Institute, Washington D.C (USA).

Durante una visita realizada por el autor a diversos laboratorios de estudio de hormigones de los Estados Unidos, y obras en ejecución en el mismo país, obtuvo antecedentes sobre la durabilidad de hormigones preparados con áridos livianos, que no habían sido divulgados en la literatura técnica especializada. Uno de los laboratorios visitados es el de la Division of Materials and Tests, bajo la dirección de William M. Carver, del Department of Roads, Lincoln, Nebraska. El Estado de Nebraska tiene un clima severo. En verano la temperatura llega a 40°C mientras que en invierno desciende hasta 15°C bajo cero o más.

Charles A. Sutton, Ingeniero del cuerpo directivo del laboratorio, con muchos años de experiencia en investigaciones sobre el hormigón y en trabajos de obra, llamó la atención del autor sobre los problemas de durabilidad que afectaban a algunos puentes construidos desde 1946 en adelante. Particularmente el Viaducto de Omaha, una de las principales ciudades del Estado, constituido por 11 tramos, 9 de los cuales fueron construidos con hormigón liviano que contenía aire intencionalmente incorporado, y los 2 restantes, por dificultades en la provisión de áridos livianos, con hormigón tradicional de arena natural y canto rodado, que también contenía aire incorporado. La estructura se construyó en 1950. En ambos hormigones se empleó la misma marca de cemento portland y la misma fuente de provisión de agua de mezclado. Los dos hormigones se dosificaron en forma de obtener, aproximadamente, la misma resistencia.

De acuerdo a lo informado por Sutton y Carver (2), en general, todos los tramos ejecutados con hormigones de áridos livianos estaban, en 1960, en condiciones extremadamente pobres, y fue necesario realizar reparaciones inmediatas con el objeto de evitar la pérdida total de la estructura. Es interesante hacer notar que tanto las resistencias a compresión como a flexión de ambos hormigones eran aproximadamente del mismo orden a todas las edades de ensayo, hasta

un año. Las armaduras de algunas zonas de la platea del puente, quedaron al descubierto debido a la severa abrasión, descascamiento y destrucción del hormigón. En muchos lugares el hormigón se desintegró y mostró agrietamientos en forma de mapa. Algunas partículas del árido liviano se expandieron hasta el extremo de producir reventones en la superficie del hormigón. Como contraste, ver Figura 1, los dos tramos ejecutados con hormigón tradicional de peso normal, estaban en excelentes condiciones de conservación.

En otros puentes construidos entre 1951 y 1955, toda vez que un bloque de hormigón liviano descansaba sobre un apoyo sólido, una viga metálica por ejemplo, el hormigón liviano se fragmentó y escamó mostrando agrietamiento en forma de mapa. Vigas de 15 x 15 x 75 cm, moldeadas con el mismo hormigón y colocadas en playas de exposición del laboratorio, a la intemperie, después de 9 años de exposición se agrietaron severamente, sufriendo la rotura de sus extremos. La Figura 2 es un buen ejemplo de la condición señalada, y muestra el contraste de comportamiento del hormigón tradicional y del hormigón liviano con que se construyó uno de los puentes mencionados.

Los estudios realizados pusieron de manifiesto que no existían evidencias concluyentes que permitiesen atribuir a la reacción álcalis - áridos la destrucción producida, aunque tanto en el hormigón tradicional como en el liviano se observaron, en las vigas expuestas a la acción de la intemperie, grandes expansiones. Ello ocurrió principalmente después de los primeros dos años de exposición, en que se observó una tendencia definida hacia expansiones aceleradas (3). Asimismo, en una de las estructuras también se observaron expansiones excesivas.

Opiniones provenientes de otras fuentes y contenidas en el mismo Informe (2) están en favor de la idea de que la exposición a los efectos de la congelación y deshielo y el uso de sustancias que eliminan el hielo de la superficie de la calzada, pueden ser factores que han influido sobre el comportamiento de estos hormigones. Sin embargo, ni las observaciones realizadas ni la información proveniente de la documentación de obra, han permitido sacar conclusio-

siones definitivas de causa a efecto, que permitan confirmar la hipótesis anterior.

Dado que tanto los ensayos realizados en el laboratorio como el examen de las estructuras construídas en el Estado de Nebraska indicaron que el hormigón de áridos livianos no había podido soportar los efectos de exposición a la intemperie y, en consecuencia, no resultaba apto para ser empleado, salvo el caso de que se lo protegiese contra la acción del clima, entre los interesados en estos problemas y muy especialmente entre los fabricantes de áridos livianos, se puso en evidencia que existía una gran preocupación relacionada con los hechos mencionados. En consecuencia, con especialistas provenientes de distintas organizaciones, se formó una Comisión de inspección, con el objeto de observar y de estudiar las plateas de puentes construídas con hormigones livianos en los Estados de Nebraska, Kansas y Missouri. Esta comisión tuvo oportunidad de observar otras estructuras con agrietamiento en forma de mapa y consiguiente destrucción. Una platea de puente construída cerca de Kansas City, con hormigón que contenía áridos livianos y aire incorporado, mostró agrietamiento en forma de mapa y descascaramientos de distinto grado. En uno de los tramos, la condición se describió como severamente agrietada en forma de mapa. Otros tramos mostraron un descascaramiento y agrietamiento similares, en grado menor, pero igualmente importantes. El porcentaje de aire incorporado y el diámetro y espaciamiento de las burbujas observadas en las muestras de hormigón extraídas del puente, fueron descriptas como muy buenos. No se encontraron signos ni evidencias de expansión del hormigón de la estructura, ni tampoco indicaciones, en el examen microscópico, de que el agrietamiento fuese debido a la reacción álcalis-áridos.

La constatación de la presencia de sulfoaluminato de calcio en las muestras de hormigón extraídas de los puentes afectados, dió lugar a pensar en la posibilidad de que se hubiesen producido ataques de sulfatos. Sin embargo, el porcentaje de sulfatos contenidos en una muestra del árido liviano empleado, fue calificado de insignificante.

Es necesario destacar que en contraste con las pla-



Fig. 1

Viaducto de calle "Q", en Omaha, Nebraska, (1950). Vereda sud entre tramos 7 y 8. Obsérvese la destrucción de la vereda en todo su espesor. A la izquierda de la junta puede observarse el hormigón liviano, y a la derecha el hormigón tradicional de arena natural y canto rodado. (Fotografía obtenida por cortesía del State of Nebraska Department of Roads, USA)

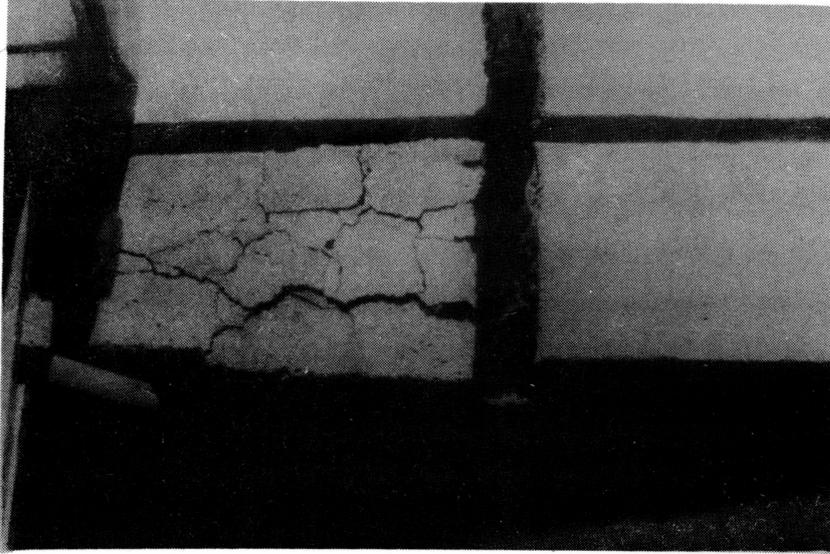


Fig. 2

Extremo sud-este de un puente situado al oeste de la ciudad de Talmadge, Nebraska, (1952). A la izquierda de la junta se encuentra el hormigón liviano y a la derecha el hormigón tradicional de arena natural y canto rodado. (Fotografía obtenida por cortesía del State of Nebraska Department of Roads, USA)

teas afectadas, en otros puentes construídos aproximadamente en los mismos años, bajo similares especificaciones, con aparentemente los mismos áridos, el mismo tipo y marca de cemento portland y edades comparables, no se ha observado efecto destructivo alguno.

Como consecuencia de los resultados obtenidos en las plateas de puentes construídas hasta 1960, y a la falta de una comprensión clara de las causas que produjeron las destrucciones observadas, el Departamento de Caminos del Estado de Nebraska decidió no seguir construyendo plateas de puentes con hormigón de áridos livianos, hasta tanto no se dispusiese de mayor información al respecto.

Aunque el caso no es el mismo, ya que el hormigón estará protegido contra las acciones climáticas, es interesante destacar que el bien conocido U.S. Bureau of Reclamation, una de las más altas autoridades en el campo de la Tecnología del Hormigón, ha construído recientemente en la ciudad de Denver, Colorado, una estructura de hormigón de áridos livianos, para un nuevo edificio de 12 pisos.

Con referencia a la información obtenida durante la entrevista con Mr. Woolf, que está contenida en un informe reciente (4) distribuído en forma privada, pero aún no divulgado, se refiere a los resultados de un relevamiento realizado para estudiar el estado de conservación de las plateas de puentes ejecutados en 16 Estados de EE.UU. con hormigones de áridos livianos. De las 195 plateas estudiadas, en el año 1963 el 22 % se encontraban en condiciones "regular" o "pobre", y solamente el 9 % en estado francamente "pobre". De acuerdo a la opinión de Woolf, la destrucción de las plateas debe atribuirse a las prácticas constructivas empleadas, antes que a la calidad del árido liviano.

El mismo autor señala que para tener buena durabilidad, el contenido unitario de cemento del hormigón liviano para plateas de puentes debe ser del orden de 365 Kg por metro cúbico de hormigón. Asimismo, señala que plateas construídas 30 años atrás se encontraban en muy buenas condiciones. El árido liviano triturado produjo menor durabilidad que el no triturado, y la arena natural, mayor durabilidad que la arena de áridos livianos. Se considera además

que el empleo de una mezcla trabajable que contenga la menor cantidad posible de agua, es requisito esencial para obtener hormigones de áridos livianos de gran durabilidad.

Recomendación: Vista la información anterior, se recomienda estudiar la durabilidad del hormigón liviano y, asimismo, que el tema sea incluido entre los estudios y objetivos del Comité Especial "Durabilidad del Hormigón", de RILEM.

---

#### BIBLIOGRAFIA

---

- 1.- Colina J. F. y Giovambattista A. - Algunas experiencias realizadas en el LEMIT con áridos livianos producidos en el país, LEMIT, Serie II, N<sup>o</sup> 107, 1966, 10 pag.
- 2.- Sutton C. A. and Carver W. M. - Investigation of lightweight concrete used in bridge floors. Department of Roads, Division of Materials and Tests, State of Nebraska, Lincoln, Nebraska, 1961, Lab. Report R61-5, 33 pag.
- 3.- Sutton C. A. - Laboratory Report VIc-12, Project HP-1 (16), September 1957, 12 pag.; and Laboratory Report VIg-10, Project HP-1 (15), October 1957, 12 pag. Department of Roads, Division of Materials and Tests, State of Nebraska, Lincoln, Nebraska.
- 4.- Woolf D. O. - Performance of lightweight aggregates in concrete for highway bridge decks. Publication of the Expanded Shale, Clay and Slate Institute, Washington D. C., 1966, 28 pag.

Nota.- Este trabajo, con el título de "Some facts related to the durability of lightweight concrete structures", fue presentado al "RILEM International Symposium on Lightweight Aggregate Concrete", Budapest, 1967. Ver "Final Reports of the Symposium on Testing and Design Methods of Lightweight Aggregate Concretes", Budapest, 1968.

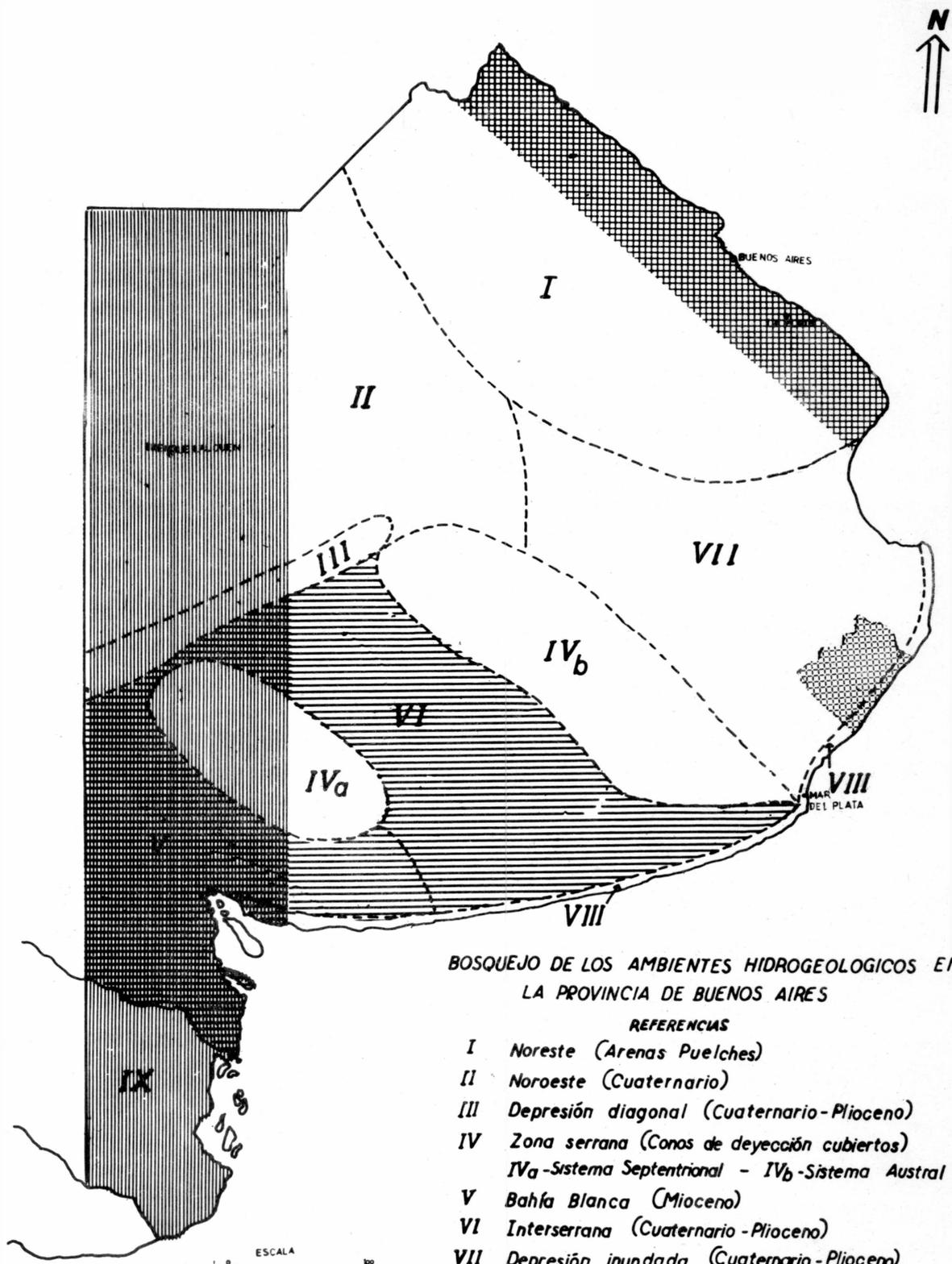
---

BREVE ENUNCIACION DE LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS, ESPECIAL-  
MENTE EN LO REFERENTE A HIDROGEOLOGIA, EN LA PROVINCIA DE  
BUENOS AIRES (ARGENTINA). SU IMPORTANCIA, SUS NECESIDADES

---

Dr. José M. Sala

Director Ejecutivo del Estudio  
de Aguas Subterráneas del Nor-  
oeste de la Provincia de Buenos  
Aires (EASNE).



BOSQUEJO DE LOS AMBIENTES HIDROGEOLOGICOS EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES

REFERENCIAS

- I Noreste (Arenas Puelches)
- II Noroeste (Cuaternario)
- III Depresión diagonal (Cuaternario-Plioceno)
- IV Zona serrana (Conos de deyección cubiertos)
- IV<sub>a</sub> - Sistema Septentrional - IV<sub>b</sub> - Sistema Austral
- V Bahía Blanca (Mioceno)
- VI Interserrana (Cuaternario - Plioceno)
- VII Depresión inundada (Cuaternario - Plioceno)
- VIII Dunas costeras (Reciente)
- IX Río Negro - Río Colorado (Cuaternario - Plioceno)

Zonas de estudio:  E.A.S.N.E.  I.N.G.M.  
 C.I.A.S.  D.H. (P.B.A.)

--- Límite de ambiente

NOTA ENTRE PARENTESIS SE INDICA LA FORMACION DE LA EDAD DE LOS ACUIFEROS PRINCIPALES...

Mapa 2

El agua es un factor capital, tanto en la naturaleza como en el desarrollo de una comarca, pudiendo ser tanto base de riqueza como de pobreza. De allí la importancia de los estudios hidrológicos. Si bien estos estudios se iniciaron en el siglo XIX, siendo numerosos los que abarcan distintos temas parciales, dada la característica de este escrito, sólo mencionaré los que están en marcha y aquellos más recientes.

La Provincia de Buenos Aires no escapa a este panorama, ya que entre otros hechos, posee zonas sometidas a inundaciones alternantes con períodos de sequía. Gran parte de su desarrollo se debe a la presencia del Río de La Plata, que originó la creación de la ciudad de Buenos Aires, actualmente una de las más grandes del mundo. La implantación y posterior desenvolvimiento de la mayoría de los pueblos y ciudades, en especial la de su capital (La Plata) se debe al agua subterránea.

La Provincia de Buenos Aires, dentro de la cual se incluye la Capital Federal, con un área de aproximadamente 300.000 km<sup>2</sup>, ocupa la porción media oriental de la República Argentina (mapa 1). Su límite Este, el Océano Atlántico y el Río de La Plata, su clima benigno, sus suelos feraces y su fácil accesibilidad, han permitido el asentamiento en ella de aproximadamente 11.000.000 de habitantes, que constituyen el 47 % de la población total del país.

Su principal riqueza inicial fue la actividad agrícola-ganadera, pero paulatinamente fue desarrollándose el comercio y una incipiente industria, marcada por el nacimiento de los saladeros y los primeros frigoríficos. Posteriormente, no sólo no quedó al margen de la explosión industrial de las últimas décadas, sino que por el contrario se ha transformado en el mayor complejo industrial del país y uno de los principales de Latinoamérica, en especial su región Noreste.

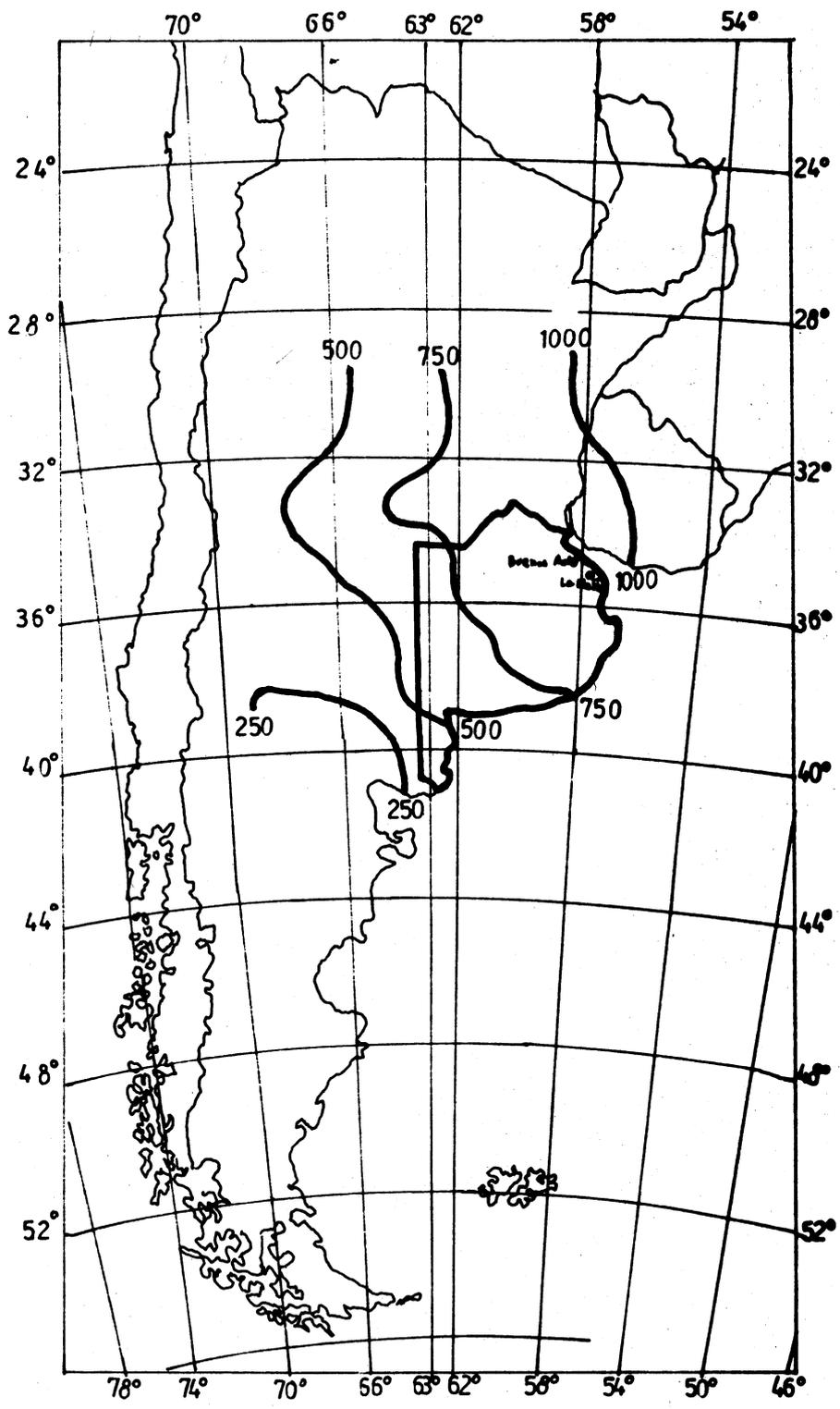
Fisiográficamente hablando se trata de una llanura casi perfecta, con suaves pendientes en las que predomina un gradiente aproximado del 0,5 %. Esta monotonía es solamente rota por dos sistemas montañosos de poca altura: el Septentrional (altura máxima aproximada 500 m s.n.m.) y el Austral (altura máxima aproximada 1.200 m s.n.m.).

El clima en general es suave templado, con promedios de lluvias anuales que van desde los 250 mm al Sur a 950 mm al Noreste (mapa 1), pasando de templado húmedo a semiárido hacia el Oeste y al Sur de la localidad de Bahía Blanca. El mayor problema que se plantea es la existencia de períodos secos en alternancia con otros de grandes lluvias.

Desde el punto de vista geológico, corresponde a un gran "graben" colmado por una espesa cubierta sedimentaria, que ha dejado como principal testigo superficial a las sierras mencionadas en las que afloran rocas impermeables del Paleozoico. La columna estratigráfica que la cubre comprende una alternancia de sedimentos de permeabilidad variada.

Se puede decir que es en general una comarca mal drenada, con una red fluvial pobre, pero dentro de este esquema, y hablando en términos comparativos y no absolutos, pueden señalarse distintas zonas más o menos coincidentes con los ambientes hidrológicos (mapa 2).

- I Zona relativamente bien drenada
- II Predominio de cuerpos de aguas estancas; escurrimiento superficial local.
- III Grandes lagunas saladas, drenaje endorreico.
- IV Zona relativamente bien drenada por ríos y arroyos de tipo torrencial, algunos de los cuales llegan al mar. Otros se infiltran o terminan en lagunas.
- V Los ríos provienen de la zona IVa
- VI En la porción Norte los cuerpos de agua son estancos; la Sur es surcada por los provenientes de IVa y IVb.
- VII Ambiente inundable, debido a su baja pendiente y a las aguas que recibe del ambiente IVb.
- VIII La existencia de dunas en las zonas costeras, dificulta el desagüe de los ríos que la cruzan



UBICACION GEOGRAFICA DE LA PROVINCIA  
 DE BUENOS AIRES E ISOHIETAS ANUALES  
 MAPA 1

básicos.

En cuanto a los estudios hidrogeológicos, si bien fueron iniciados a comienzos de siglo, carecieron de continuidad suficiente. El estado actual es el siguiente:

1) De acuerdo al programa confeccionado por el Dr. W. Doyel, del Geological Survey, el Dr. T. Limousin y el Sr. J. M. Ricoy, ambos del L.E.M.I.T. (2), se ha creado por convenio entre el Consejo Federal de Inversiones y la Provincia de Buenos Aires, el Comité de Estudios Aguas Subterráneas Noreste (E.A.S.N.E.), que está en la etapa de obtención de los datos básicos, mediante censo de perforaciones, registro periódico de variaciones de nivel freático y piezométrico, ensayos hidráulicos de pozos, determinación de las características físicas mediante aerofotointerpretación y conocimiento geológico del subsuelo a través del estudio de testigos de perforación, para efectuar la evaluación con tendencia a la construcción de un modelo analógico. La importancia de este estudio radica en el gran desarrollo demográfico e industrial de la zona.

2) La zona Oeste, correspondiente a los ambientes II, III, V y IX, está en estudio de acuerdo a un plan del C.F.I. elaborado por los Dres. A.F. Bordas y J. M. Sala (1). Se refiere a los acuíferos menos profundos, especialmente freáticos, y tiene por finalidad la prospección de aguas menos salinizadas y su posterior evaluación, para lo cual se ha creado el Comité de Investigaciones de Aguas Subterráneas (C.I.A.S.), por convenio entre las Provincias de Buenos Aires y La Pampa y el Consejo Federal de Inversiones (C.F.I.).

3) El ambiente IV ha sido objeto de estudios locales.

4) El ambiente V ha sido investigado superficialmente por el Instituto Nacional de Geología y Minería en varias ocasiones. El último estudio ha sido efectuado por los Dres. José García y Ofelia M. de García (3), quienes prácticamente han agotado todos los datos de superficie.

5) El estudio del ambiente VI ha sido encarado por el Instituto Nacional de Geología y Minería, destacando comisiones bajo la dirección del Dr. J. M. García para el cen-

en su trayecto hacia el mar.

IX Está limitada por dos ríos alóctonos que después de recorrer 1.000 km, desembocan en el mar.

Un cuadro restringido de los ambientes hidrogeológicos, señalados en el mapa 2, es el siguiente:

- |              |  |
|--------------|--|
| Ambiente I   | Sucesión de sedimentos más o menos permeables, que cubren un estrato predominantemente arenoso, las "arenas Puelches", acuífero principal, de aguas poco salinizadas y buenos rendimientos característicos. Existe sobreexplotación e invasiones locales de agua salada. Usos principales: Humano, industrial y agrícola-ganadero. |
| Ambiente II  | Sucesión sedimentaria algo semejante a la anterior, pero con cobertura más arenosa; terminan las "arenas Puelches". Lentas de aguas dulces en saladas. Explotación poco intensa. Usos principales: Humano y ganadero.  |
| Ambiente III | Aguas altamente salinizadas, artesianas, rendimientos pobres a regulares. Los acuíferos no homogéneos y corresponden a horizontes más permeables. Usos: Humano y ganadero.   |
| Ambiente IV  | Aguas provenientes de las sierras infiltradas; tienden a ser duras. Los acuíferos son antiguos conos de deyección erodados y cubiertos. Algunos rendimientos interesantes, dependen de la ubicación de los pozos en relación a las sierras. Uso principal: Humano y agrícola-ganadero.   |
| Ambiente V   | Un acuífero termal potable a profundidades de 500 o más metros en estratos del Mioceno Inferior, al que se le superponen otros, salinizados.   |

en sedimentos del Mioceno Superior, Plioceno y Cuaternario. El primero, explotado para uso humano e industrial, es artesiano (hasta 15 atmósferas de presión), con rendimientos iniciales extraordinarios, de hasta 1.500.000 litros/hora (Chasicó). Explotaciones intensivas locales con fenómenos de interferencia de pozos.

- Ambiente VI Lentes de agua dulce en salada. Disminuye la salinidad hacia los ambientes IVa y IVb colindantes. Rendimientos regulares. Usos: humano, ganadero e industrial.
- Ambiente VII Agua con aumento de residuo sólido hacia el Este y en profundidad; posee zonas artesianas. Rendimientos variados. Usos: humano, ganadero e industrial.
- Ambiente VIII Agua poco mineralizada en dunas; buenos rendimientos. Problemas por invasión de agua de mar y contaminación bacteriológica. Usos: humano y ganadero.
- Ambiente IX Aguas altamente salinizadas, en profundidad aguas artesianas termales, bromuradas. Uso: ganadero. Tal vez sea una continuación del ambiente V.

Debido a las características de los ríos, que prácticamente no permiten el aprovechamiento hidroeléctrico en gran escala, y que sus aguas en general no son utilizadas para riego, la mayoría de los estudios potamológicos que se efectúan y se han efectuado en la Provincia, son con miras a solucionar problemas de inundación y se basan en la instalación de una red de estaciones fluviométricas (6). En un caso se ha iniciado el estudio de los oligoelementos del suelo arrastrados por los canales de drenaje. Faltan estudios sedimentológicos e hidroquímicos, así como de caudales

so de perforaciones (información verbal).

6) Del resto de los ambientes, sólo está a punto de iniciarse un censo en el Partido de Gral. Madariaga, dentro del ámbito VII según un plan de J. M. Sala (4 y 5), efectuado para la Dirección de Hidráulica de la Provincia de Buenos Aires, con fines de evaluar las posibilidades y de acuerdo a ello estudiar la relación agua dulce - agua salada.

Desde el punto de vista potamológico, sería altamente beneficioso contar con hidrólogos especialistas, experimentados en problemas potamológicos de llanura con una visión amplia del problema.

Para el plan del ambiente I, ya que hay poca experiencia asentada en el país sobre modelos de agua subterránea, sería de mucho interés contar con la visita de expertos en ellos y con experiencias en áreas similares, tanto para la etapa actual como en la final.

Para el Plan del ambiente II y III, podría ser de mucha utilidad al equipo, contar con especialistas en la prospección por métodos no tradicionales, de aguas poco mineralizadas.

Para el ambiente V, predominantemente son de interés los estudios sísmicos y geoeléctricos a fin de poder definir exactamente los límites de la cuenca y sus posibilidades de recarga. Expertos en microsísmica y geoeléctrica podrían ayudar a dilucidar determinados problemas del ambiente VI.

---

#### BIBLIOGRAFIA

---

- 1) Bordas A. F. y Sala J. M.: Programa para evaluar el agua subterránea del Oeste de la Provincia de Buenos Aires. Inédito. C.F.I.- Bs. As. (1963).-
- 2) Doyel W. T., Limousin T. A. y Ricoy J. M.: Programa para la investigación del agua subterránea en la región de

- La Plata, Buenos Aires, Argentina. U.S. Dep. of the Interior. Geological Survey. Administrative Report. (1962).-
- 3) García J. y García O. M. de.: Hidrogeología de la región de Bahía Blanca (Provincia de Buenos Aires). Dir. Nac. de Geol. y Min., Bol. 96, Bs. As. (1964).-
  - 4) Sala J. M.: Plan de estudios hidrogeológicos en los Partidos de Gral. Lavalle, Gral. Conesa y Gral. Madariaga. Dir. de Hidráulica de la Pcia. Bs. As. Inédito. La Plata (1963).-
  - 5) Sala J. M.: Programa para el desarrollo futuro de evaluación de aguas subterráneas en el Partido de Gral. Madariaga. Dir. de Hidráulica de la Pcia. Bs. As. Inédito. La Plata. (1966).-
  - 6) U.N.E.S.C.O.: Reunión Sub-Regional sobre la hidrología de América del Sur. Informe final. pp. 65-66. Bs. As. (1967).-

OBTAINING OF NICKEL REPLICAS FOR REFLECTION OPTICAL AND ELECTRONICAL MICROSCOPE OBSERVATION

LEMIT, 2-1969, 1/17 (Serie II, n° 132). S. Allende, H. Lavié and F. Ciccone.

The purpose of this work is to present the experiences made in obtaining nickel replicas by the electrolytic deposition method used as an effective way of metallographic structure observation.

The replicas thus obtained, may be used for the observation of structures in the reflection optical microscopy. On the other hand if a double replica of carbon is made, it can be seen by transmission in the electronical microscope.

The method can be taken as an example of non destructive metallography of metallic surfaces.

DURABILITY OF HIGHWAYS ASPHALTS. METHOD OF ACCELERATED AGING

LEMIT, 2-1969, 19/52 (Serie II, n° 133). A. Pinilla, J. O. Agnusdei and A. Reynaldi.

In the first part of this paper we have studied the aging of bitumens prepared by the refining of Argentinian crude petroleum. We have employed the A.S.T.M. D-1754 method of Thin Film Oven test, 5 hours at 163 C. The results were compared against the obtained with the method developed by Hveen and co-workers, the Rolling Thin Film Test, 75 minutes at 163 C.

In the second part of the paper, their rheological behaviour with the sliding plate microviscometer and the Fraas breaking point were studied in the aged bitumens.

OBTENCION DE REPLICAS DE NIQUEL PARA LA OBSERVACION EN MICROSCOPIA OPTICA Y ELECTRONICA

LEMIT, 2/1969, 1/17 (Serie II, nº 132). S. Allende, H. Lavié y F. Ciccone.

Se presentan experiencias realizadas con el fin de obtener réplicas de níquel por el método de deposición electrolítica, usado como un medio efectivo de observación de estructuras metalográficas.

La réplica así obtenida puede ser empleada para la observación de estructuras en microscopía óptica por reflexión. Por otra parte, si se fabrica una réplica doble de carbono, puede ser utilizada en microscopía electrónica por transmisión.

El método puede ser tomado como un ejemplo de metalografía no destructiva de superficies metálicas.

ESTUDIO DE DURABILIDAD DE ASFALTO DE USO VIAL POR ENSAYO DE ENVEJECIMIENTO ACELERADO

LEMIT, 2/1969, 19/52 (Serie II, nº 133). A. Pinilla, J. O. Agnusdei y A. Reynaldi.

En la primera parte del trabajo se estudia el envejecimiento de asfaltos provenientes de petróleos procesados en el país. Para ello se empleó la técnica A.S.T.M. D-1754, de pérdida por calentamiento durante 5 h a 163 C, en espesor de 3 mm. Los resultados fueron comparados con los obtenidos por el método de Hveen y colaboradores, el cual envejece los asfaltos durante 75 minutos a 163 C, pero en una película fina rotante.

En la segunda parte se procedió a estudiar el comportamiento reológico de los betunes envejecidos mediante el viscosímetro de placas deslizantes. También se estudia el comportamiento a baja temperatura mediante el ensayo de punto de rotura Fraas.

SPECTROCHEMICAL ANALYSIS OF SILVER BY THE POWDER-D-C ARC TECHNIQUE

LEMIT, 2-1969, 53/68 (Serie II, n° 134). J. P. Sosa, N. Russo and J. C. Merodio.

Because of its great sensitivity and time-saving characteristics, spectrochemical analysis has been applied to the purity control of silver to be used mainly in fuse manufacture.

As wires differ widely in their diameters and it is almost impossible to obtain standards for each size, it was necessary to dissolve the sample and analyze the resulting salts (nitrates). Standard samples were prepared making use of the procedure on spectroscopically pure materials (Johnson Matthey). This analytical technique allows the determination of eleven elements, i.e. Cu, Cd, Pb, Ni, Sn, Al, Zn, Pt, Pd, Ir, Au. '

Instrumentation used includes Jobin-Yvon Z-3 spectrograph, Durr G.M.60 excitation source and Jarrell-Ash, model 21-051 densitometer.

SOME FACTS RELATED TO THE DURABILITY OF LIGHTWEIGHT CONCRETE STRUCTURES

LEMIT, 2-1969, 69/80 (Serie II, n° 135). A. S. C. Fava

The purpose of this communication is to draw attention to some facts related to the useful life of some structures built with lightweight aggregate concrete, which were not previously found in the technical literature.

They refer to the desintegration and map cracking observed in some bridge decks built in the States of Nebraska, Kansas and Missouri (United States) after approximately 10 years of exposure to a severe climate. There is no evidence that alkali-aggregate reaction was responsible for the distresses observed.

#### DETERMINACION ESPECTROQUIMICA DE IMPUREZAS EN PLATA

LEMIT, 2-1969, 53/68 (Serie II, nº 134). J. P. Sosa, N. Russo y J. C. Merodio.

Con el fin de verificar el grado de pureza de la plata empleada principalmente para la fabricación de fusibles, se ha aplicado el análisis espectroquímico por su gran sensibilidad y rapidez.

Debido a la gran variedad en el diámetro de los alambres y ante la imposibilidad de disponer de los patrones standard para cada medida, fue necesario disolver la muestra y realizar el análisis sobre las sales (nitratos). Las muestras standard se prepararon por el mismo procedimiento, empleando sustancias de pureza espectroscópica (Johnson Matthey). Esta técnica de análisis nos permite determinar once elementos (Cu, Cd, Pb, Ni, Sn, Al, Zn, Pt, Pd, Ir, Au). Se utilizó un espectrógrafo Z-3 (Jobin-Yvon), fuente de excitación G.M.60 (de Durr) y densitómetro 21-051 (Jarrrell-Ash).

#### ALGUNOS HECHOS RELACIONADOS CON LA DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGON LIVIANO

LEMIT, 2-1969, 69/80 (Serie II, nº 135). A. S. C. Fava.

El propósito de esta comunicación es llamar la atención sobre algunos hechos relacionados con el período de vida útil de algunas estructuras construídas con hormigones de áridos livianos, que hasta el presente no han sido divulgados por la literatura técnica especializada. La comunicación se refiere a la desintegración y agrietamiento en forma de mapa, observados en algunas plateas de puentes construídos en los Estados de Nebraska, Kansas y Missouri (Estados Unidos de Norteamérica), después de una exposición de aproximadamente 10 años a la acción de un clima severo. No existen evidencias que permitan atribuir las deficiencias observadas a la reacción álcalis-áridos.

BRIEF REPORT ON HYDROLOGIC STUDIES, WITH SPECIAL REFERENCE TO THE  
HYDROGEOLOGIC ASPECTS, IN THE BUENOS AIRES PROVINCE (ARGENTINA).  
IMPORTANCE AND NECESSITIES.

LEMIT, 2-1969, 81/93 (Serie II, nº 136). J. M. Sala (EASNE).

In this short paper, a brief reference is made to the more recent, principal hydrogeologic studies in development inside the Buenos Aires Province (Argentina).

There is likewise an attempt on subdividing the area in hydrologic regions, under more or less similar climatic, geomorphologic and hydrologic characteristics.

BREVE ENUNCIACION DE LOS ESTUDIOS HIDROLOGICOS, ESPECIALMENTE EN LO REFERENTE A HIDROGEOLOGIA, EN LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES. SU IMPORTANCIA, SUS NECESIDADES.

LEMIT, 2-1969, 81/93 (Serie II, n° 136). J. M. Sala (EASNE).

En esta comunicación se hace una suscita referencia a los estudios hidrogeológicos principales más recientes, y a los que se encuentran en ejecución dentro del ámbito de la Provincia de Buenos Aires (Argentina).

Se intenta subdividir su territorio en regiones hidrogeológicas con características climáticas, geomorfológicas e hidrológicas más o menos semejantes.

Este número se terminó de imprimir en la Sección Publicaciones del LEMIT, calle 52 entre 121 y 122, La Plata, el día 18 de julio de 1969

---

Se permite la publicación parcial o total de estos trabajos siempre que se deje constancia de la fuente de origen